

**НАЦИОНАЛНА СПОРТНА АКАДЕМИЯ
„ВАСИЛ ЛЕВСКИ”**

КАТЕДРА „ТЕОРИЯ НА СПОРТА“

ДИАНА ИВАНОВА АЛЕКСАНДРОВА

**ОПТИМИЗИРАНЕ НА СТАТИЧНОТО
МУСКУЛНО УСИЛИЕ В ТРЕНИРОВКАТА ЗА СИЛА**

АВТОРЕФЕРАТ

СОФИЯ, 2018

Дисертационният труд е обсъден на вътрешна защита и предложен за официална защита от катедра „Теория на спорта“ към Национална спортна академия „Васил Левски“.

Трудът съдържа 123 стандартни страници, онагледен е с 19 таблици, 11 фигури, Библиографията включва 106 литературни източника, от които 8 на кирилица, 98 на латиница и интернет източници.

Публичната защита на дисертационния труд ще се състои на 12.09.2018 г. от 14.00 часа в зала А3 на НСА „Васил Левски“ (Студентски град), София на заседание на специализирано научно жури. Материалите по защитата на дисертационния труд са на разположение в библиотеката на НСА „Васил Левски“.

**НАЦИОНАЛНА СПОРТНА АКАДЕМИЯ
„ВАСИЛ ЛЕВСКИ”**

КАТЕДРА „ТЕОРИЯ НА СПОРТА“

ДИАНА ИВАНОВА АЛЕКСАНДРОВА

**ОПТИМИЗИРАНЕ НА СТАТИЧНОТО
МУСКУЛНО УСИЛИЕ В ТРЕНИРОВКАТА ЗА СИЛА**

АВТОРЕФЕРАТ

**на дисертационен труд за присъждане на образователната и научната степен
„ДОКТОР“ в професионално направление 7. 6 Спорт, докторска програма
„Теория и методология на спортната наука“**

НАУЧЕН РЪКОВОДИТЕЛ:

доц. Михаил Михайлов, доктор

ОФИЦИАЛНИ РЕЦЕНЗЕНТИ:

Проф. Свилен Нейков, ДН

Доц. Любен Кръстев

СОФИЯ, 2018

УВОД

След като е било установено, че изометричните упражнения имат добър работен ефект, през петдесетте години на миналия век те се внедряват широко в тренировъчния процес. Прекомерното използване на изометричния метод, при който не се извършват движения, обаче е довело до невъзможност да се реализира повишения силов потенциал. Това кара много специалисти да пренебрегват изометричния метод. Той трябва да се използва като спомагателен в повечето спортове. Именно поради неразбирането на това условие се пропускат редица негови предимства като например: 1) увеличаването на силата е придружено от значителна мускулната хипертрофия; 2) рекрутира по-голям брой двигателни единици в сравнение с динамичните мускулни усилия.

Ефективността на изометричния метод зависи от оптималното отношение на интензивността и продължителността на изометричните мускулни контракции. Тяхната продължителност при една и съща интензивност обаче може да не е една и съща при различни популации.

Поради тази причина настоящият дисертационен труд е насочен към изследване на силовите възможности в изометричен режим на мускулите сгъвачи на лакътната става при спортисти от три вида спорт – кану-каяк, бокс, спортно катерене. Те изпълниха един тест за максимална сила и няколко теста за мускулна издръжливост на сгъвачите в лакътна става при изометричен режим с различна интензивност на мускулните усилия, задавана в проценти от максималната волева контракция (MVC). Така установихме състоянието на силовите параметри при трите групи спортисти и проверихме дали практикуването на различен вид спорт влияе на продължителността на изометричните мускулни усилия при дадена интензивност, изразена като %MVC.

За да бъде проведено гореописаното изследване, бе необходимо да бъдат разгледани и систематизирани знанията за:

- неврологичните и морфологични адаптационни промени, настъпващи в резултат от силови тренировки;
- факторите, от които зависят силовите възможности, тъй като те са важно условие за изграждането на методиката на силовата подготовка.
- тренировъчните ефекти от прилагането на различни работни режими на мускулна дейност (изометричен, концентричен, ексцентричен и изокинетичен).

1. ПОСТАНОВКА НА ПРОБЛЕМА

Важна предпоставка за ефективността на методиката на силовата подготовка е правилното съчетание и подбиране на силовите упражнения и методи, съобразно характеристиката на конкретния спорт, за който тя е предназначена. Това се отнася и до изометричния метод. Размерът на ефекта и насочеността на натоварването при използването на изометричните упражнения ще зависи от оптималното съчетание на тяхната продължителност и интензивност. Изометричните мускулни контракции и техният тренировъчен ефект са изследвани от много специалисти. Rohmert (1960) пръв установява регресионен модел, който показва в каква степен се увеличава продължителността на изометричните усилия при намаляване на тяхната интензивност.

Таблица 1. Максимална продължителност на изометричните усилия при различни проценти от максималната сила по Rohmert (1960)

Съпротивление (%)	Продължителност на усилията (s)
100	6
75	28
50	66
25	222

По-късно други автори събират допълнителни сведения относно зависимостта между интензивността и продължителността на изометричните усилия. Оказва се, че продължителността на изометричните усилия при дадена интензивност зависи от мускулната група, възрастта и пола (Avin, K., L. Law, 2011; Avin, K., L. Law, 2010; Hettinger, T., 1968). Не е потвърдено обаче дали практикуването на спорт и вида спорт също са фактори в това отношение. Ето защо е необходимо да бъдат проведени изследвания в тази област.

1.1. Работна хипотеза

Предполагаме, че практикуването на спорт и видът на спорта са фактори, които оказват влияние върху продължителността на изометричните усилия при определена относителна интензивност, зададена като процент от максималната волева контракция.

Потвърждаването или отхвърлянето на това предположение и натрупването на данни по въпроса биха позволили прецизирането на дозата на натоварването при развиването на мускулна сила чрез изометрични упражнения. Това насочи нашето внимание върху изследване на силовите възможности в изометричен режим на мускулите сгъвачи в лакътната става при спортисти, практикуващи различни спортове.

2. ЦЕЛ, ЗАДАЧИ И МЕТОДИ НА ИЗСЛЕДВАНЕТО

2.1. Цел и задачи

2.1.1. Цел на изследването:

Целта на изследването е да се оптимизират параметрите на тренировъчното натоварване при прилагане на изометрични упражнения при различни видове спорт.

2.1.2. Задачи на изследването:

1. Да се анализира теорията и методиката на силовата подготовка и ефектите от силовите тренировки при различни режими на мускулно усилие.
2. Да се систематизират факти от специализираната литература относно параметрите на натоварването при изпълнението на изометрични упражнения и техния ефект.
3. Да се установи състоянието на силовите параметри, характеризиращи максималната сила и мускулната издръжливост в изометричен режим на

сгъвачите в лакътната става при състезатели по кану-каяк, бокс и спортно катерене.

4. Да се съпоставят времената от тестовете за мускулна издръжливост, постигнати от състезателите в изследваните спортове, с известните до момента данни за продължителността на изометричните усилия при различна интензивност.
5. Да се направи сравнителен анализ на силовите характеристики на трите групи спортисти.
6. Да се създадат регресионни модели на зависимостта между продължителността на изометричните усилия и тяхната интензивност в трите вида спорт.

3. Предмет и обект на изследването

Предмет на изследването е зависимостта между продължителността и интензивността на изометричните мускулни контракции при лица, практикуващи различни видове спорт.

Обект на изследването: мускулната издръжливост при различна интензивност на изометричните усилия на мускулите сгъвачи в лакътна става.

4. МЕТОДИКА НА ИЗСЛЕДВАНЕТО

За постигането на целта и осъществяването на задачите на изследването първо бяха използвани теоретични методи за систематизиране на факти и данни, свързани с предмета и обекта на изследването, както и с цел очертаване на изследователския проблем. В научния труд сме представили редица съвременни публикации и факти за мускулните и неврологични адаптационни изменения вследствие на силовата тренировка, както и ефектите от прилагането на различни режими на мускулни усилия. Следващите дейности бяха свързани с провеждането на експеримент за определяне на зависимостта между продължителността и интензивността на изометричните мускулни контракции при спортисти, практикуващи различни видове спорт. За целта бе

използвана научно-изследователска система 3DSAC за измерване на силови параметри (Michailov et al. 2018). Данните събрани от експеримента бяха обработени статистически, което заедно с техния логичен анализ послужи за определянето на изводи и практически препоръки.

4.1. Участници

В изследването се включиха 25 спортисти (мъже) на възраст 25.5 ± 5.8 години от три вида спорт: кану-каяк ($n=8$, възраст 20.9 ± 1.7 години), бокс ($n=8$, възраст 22.6 ± 2.7 години), катерене ($n=9$, възраст 31.6 ± 4.3 години). И трите групи участници бяха експертно квалифицирани като напреднали спортисти по следната категоризация: начинаещ, средно ниво, напреднал, елитен, световна класа.

4.2. Експеримент

Участниците в експеримента изпълниха един тест за максимална сила и четири теста за мускулна издръжливост на сгъвачите в лакътна става при изометричен режим. Интензивността в тестовете за мускулна издръжливост бе съответно 90%, 70%, 50% и 30% MVC. За целта бе използвана научноизследователска система 3DSAC (Michailov, et al. 2018) за измерване на силови параметри, която предоставя обратна връзка в реално време и позволява на изследваните лица да контролират продължителността и интензивността на мускулните усилия.

Тестове

Всички тестовете бяха изпълнени с десния горен крайник, чиито сгъвачи на лакътната става се напрягаха изометрично. Участниците бяха тествани на стенд в легнало положение с фиксирани десни мишници, туловище и долни крайници (**фиг. 1**). Дясната лакътна става бе в 90 градуса флексия, а дясната предмишница полусупинирана. За дисталната част на дясната предмишница бе поставяна удобна здрава лента с елемент за закрепване на единия край на метална верига, чийто друг край бе прикрепен за силоизмервателния модул на 3DSAC.

Тест за максимална сила

По време на теста за максимална сила участниците изпълниха три максимални волеви контракции, разделени от почивни интервали от по 1 минута. Максималната сила бе определена от най-високата стойност на силата от трите опита.

Тестове за мускулна издръжливост

Четири теста за мускулна издръжливост бяха изпълнени при интензивност 90%, 70%, 50% и 30% MVC. Тестовите с по-висока интензивност предхождаха тестовите с по-ниска. На базата на максималната сила автоматично бе изчислявана целевата силата, която трябва да се генерира във всеки от тестовите за издръжливост. Тя бе представяна графично на дисплея за обратна връзка в реално време. Освен целевата сила бяха показани и граници, в които генерираната сила може да варира ($\pm 10\%$ от целевата сила). Участниците трябваше да поддържат усилието в зададените граници колкото могат по-дълго. Софтуерът спираше автоматично тестовите за



издръжливост когато силата спаднеше под долната граница за повече от една секунда.

Фиг. 1 Позна на тялото и позиция на десния горен крайник при изпълнение на тест, използвайки стенд и изследователска система за измерване на силови параметри 3DSAC

Измервани параметри

На **таблица 2** са представени параметрите, регистрирани с апаратурната комплектация 3DSAC при изпълнението на различните тестове. Бе отчетена и телесната маса на участниците в изследването. От теста за максимална сила бяха получени стойностите на максималната сила, относителната сила (максималната сила, отнесена към телесната маса) и градиенти на силата. От тестовите за мускулна издръжливост бяха отчетени времето в зададените граници, импулсът на силата и импулсът на силата, отнесен към телесната маса.

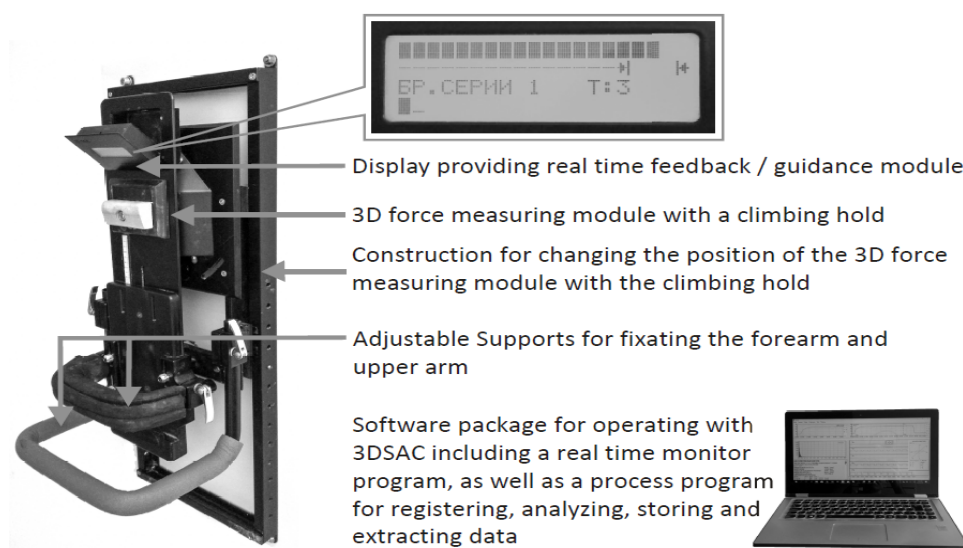
Таблица 2. Анализирани параметри.

Параметър	Мерни единици	Описание
Fmm	N	Максимална сила
Fmm/kg	N/kg	Fmm отнесена към телесната маса
Sgrad	N/s	Градиент на силата, информиращ за темпа на нарастване на силата по време на първата част на мускулната контракция: $Sgrad = 0.5 F_m / T_{0.5F_m} \quad (1),$ където 0.5 Fmm е половината от максималната сила, а $T_{0.5F_m}$ е времето за достигане 0.5 Fmm
Ies		Индекс на експлозивната сила: $I_{es} = F_m / T_{F_m} \quad (2)$
Ttz	s	Време, в което участниците поддържат силата в зададените граници.
J	N.s	Импулс на силата: $F_{avg}.Ttz \quad (3),$ където F_{avg} е средната стойност на регистрираните дискретни на силата в зададените граници.
J/kg		J отнесен към телесната маса

Инструментариум

3DSAC (**фиг. 2**) е разработена в рамките на проект на Национална спортна академия, по идея на доцент Михаил Михайлов, в сътрудничество със Института за космически изследвания и технологии към БАН. 3DSAC е система за задълбочен анализ на специфичната работоспособност в катеренето с триаксиална конфигурация от силоизмервателни сензори с диапазон на измерване ± 2 kN, акуратност 0.5% и честота на дискретизация 125 Hz. 3DSAC превъзхожда други подобни апаратури със следните възможности: 1) усъвършенстван модул за обратна връзка в реално време, с графични и звукови сигнали, чрез които изследваните лица могат да контролират мускулните усилия по интензивност и продължителност 2) безжичен трансфер на данни, 3) нов подход за регулируемо фиксиране на горния

крайник и конструкция за промяна на позицията на силоизмервателния модул спрямо антропометричните характеристики на изследваното лице, осигуряващи по-стандартни условия за тестване, 4) комплексен софтуер с възможност за модифициране на механични параметри с цел създаване на различни тестове, 5) измерване на специфичната сила и издръжливост на сгъвачите на пръстите при катерачи, 6) изследване и на други мускулни групи, 7) регистриране на динамични параметри по време на катерене с цел усъвършенстване на спортната техника и 8) улесняване на извличането на записаните данни, тяхната обработка и представяне на резултатите на изследваните лица.



Фиг. 2 Иновативна система за комплексна диагностика на специфичната работоспособност в катеренето (3DSAC)

5. РЕЗУЛТАТИ И АНАЛИЗ

5.1. Съпоставка на постигнатата от изследваните спортисти продължителност на изометричните усилия с известните до момента данни

В **таблица 3** са сравнени резултати от тестовете за мускулна издръжливост на сгъвачите в лакътна става с модела на Rohmert (1960), определящ зависимостта между продължителността и интензивността изометричните мускулни контракции. Продължителността на изометричните усилия при 30% и 50% MVC, изчислена средно за трите спорта, бе достоверно по малка спрямо модела на Rohmert ($p < 0.01$). Спортните катерачи и състезателите по бокс издържаха по-кратко спрямо модела на

Rohmert (1960) при теста с интензивност 50% MVC (съответно $p < 0.05$ и $p < 0.01$). Състезателите по бокс и кану каяк издържаха значително по-малко и при теста с интензивност 30% MVC ($p < 0.05$). Състезателите по кану-каяк имаха и значимо по кратки тестове при интензивност 70% MVC.

Таблица 3. Разлики между времената от проведените с различна интензивност тестове за мускулна издръжливост и кореспондиращите стойности, изчислени от модела на Rohmert (1960).

% MVC	Кану-каяк		Бокс		Спортно катерене		Всички спортове	
	D	p	D	p	D	p	D	P
90	-0.1	0.959	3.9	0.191	4.4	0.077	0.066	2.7
70	-8.6	0.005**	-4.0	0.245	4.5	0.250	-2.4	0.249
50	-10.2	0.176	-16.9	< 0.001**	-8.7	0.033*	-11.9	0.001**
30	-40.3	0.029*	-59.8	0.017*	-25.3	0.102	-37.8	0.001**

D, разлика; p, равнище на значимост на разликите в средните равнища *, статистически достоверни разлики при $p < 0.05$; **, статистически достоверни разлики при $p < 0.01$.

Резултатите от настоящото изследване потвърждават хипотезата, че практикуването на спорт, както и видът спорт са фактори, които влияят на продължителността на изометричните мускулни усилия при зададена интензивност, изчислена като процент от максималната волева контракция (%MVC). Сравнени с модела на Rohmert (1960), изследваните спортисти издържаха с 12 s по-малко при интензивност 50% MVC и с 38 s по-малко при интензивност 30% MVC (таблица 3).

На пръв поглед тези резултати са неочаквани. Въпреки това те са логични поради факта, че спортистите са с по-големи нива на максималната сила и са адаптирани да активират по-голям брой мускулни влакна (Цв. Желязков и Д. Дашева, 2017). Напрягайки се при една и съща относителна интензивност, лицата с по-високи нива на максималната сила обикновено реализират по-кратки тестове за мускулна издръжливост от лица, които са по-слаби (Т. Hettinger, 1968; Carlson & McGraw, 1971). По време на изометрични усилия напрегнатите мускули притискат периферните кръвоносни съдове, което води до интрамускулна циркулаторна оклузия (Т. Hettinger,

1968, W. Barnes, 1980). До пълна оклузия средно се стига при 63% MVC (W. Barnes, 1980). При лица с по-високи нива на максималната сила обаче това става при 51% MVC, докато при лица с по-ниски нива на това качество при 75% MVC (W. Barnes, 1980). Същевременно пълна оклузия се получава при еднакво абсолютно напрежение (W. Barnes, 1980) както при по-силните, така и при по-слабите лица (34 kg за мускулите на предмишницата).

Този феномен (пълната рестрикция на доставка на кислород и енергия от кръвообращението) обяснява в голяма степен защо при продължителни изометрични усилия и една и съща относителна интензивност по-слабите изследвани лица може да издържат по-дълго време, каквито са наблюденията на Carlson & McGraw (1971).

При оценяването на мускулната издръжливост е редно не времето, а импулсът на силата да бъде основен критерий при тестове с интензивност на изометричните контракции, зададена като процент от максималната сила. Известно е, че при такъв тип тестове постигнатите времена от тренирани и неспортуващи не се различават значимо. Импулсът на силата на тренираните лица обаче е значимо по-голям ($p < 0.05$) от на не спортуващите (MacLeod и кол., 2007). Въпреки това максималната продължителност на изометричните усилия в настоящото изследване е сред основните изследвани параметри. С установяването на разлики във времената на спортуващи и неспортуващи, както и на разлики във времената на практикуващи различни видове спорт, ни служи за прецизното определяне на тренировъчното време за поддържане на изометрични усилия при определена относителна интензивност при различните категории изследвани лица.

5.2. Сравнителен анализ на силовите характеристики на трите групи спортисти

В **таблица 4** е представена телесната маса на изследваните спортисти – параметър, необходим за изчисляването на относителната сила и относителния импулс на силата. По този показател бяха открити достоверни разлики ($p = 0.03$) с голяма практическа значимост между ($\text{partial } \eta^2 = 0.324$). Състезателите по кану-каяк и бокс не се различаваха по телесна маса, но тези две групи бяха със значимо по-голяма телесна маса от спортните катерачи ($p < 0.05$).

Таблица 4. Телесна маса на участниците в изследването.

Параметър	Участници	Средни стойности	SD	Доверителен интервал		p	Partial η^2
				Долна граница	Горна граница		
Телесна маса (kg)	Кану-каяк (n 8)	81.64	9.29	73.87	89.40	0.030*	0.324
	Бокс (n 8)	82.25	12.38	71.90	92.60		
	Катерене (n 9)	67.87	6.18	63.12	72.62		
	Общо (n 25)	76.88	11.41	72.17	81.59		

SD, стандартно отклонение; p, равнище на значимост на разликите в средните равнища; Partial η^2 , практическа значимост на разликите.

В **таблицы 5 и 6** трите групи спортисти са характеризирани и сравнени по резултатите от теста за максимална сила, при който бяха отчетени съответно максималната и относителна сила и два градиента на силата (Sgrad и Ies). Участниците в изследването се различаваха значимо по повечето параметри от теста. Максималната сила на състезателите по кану-каяк бе достоверно по-висока спрямо максималната сила на другите две групи ($p < 0.01$), между които нямаше достоверни разлики по отношение на този параметър. Относителната сила на състезателите по кану-каяк бе значително по-висока само от относителната сила на състезателите по бокс ($p < 0.05$). Достоверни разлики бяха открити и по отношение на единия параметър, отчитащ темпа на нарастване на силата – Sgrad. По-конкретно състезателите по кану-каяк бяха със значимо по-високи стойности на Sgrad от състезателите по бокс и спортните катерачи. Състезателите по бокс и спортните катерачи бяха с подобни стойности на Sgrad ($p > 0.05$). По другия градиент на силата Ies трите групи не се различаваха ($p > 0.01$).

Таблица 5. Максимална и относителна сила на сгъвачите в лакътната става.

Параметър	Участници	Средни стойности	SD	Доверителен интервал		P	Partial η^2
				Долна граница	Горна граница		
Fmm (N)	Кану-каяк (n 8)	408	68	351	465	0.001**	0.528
	Бокс (n 8)	348	59	299	398		
	Катерене (n 9)	313	52	273	353		
	Общо (n 25)	355	70	326	384		
Fmm (N), отнесена към телесната маса (kg)	Кану-каяк (n 8)	5.0	0.9	4.3	5.7	0.034*	0.314
	Бокс (n 8)	4.3	0.7	3.7	4.9		
	Катерене (n 9)	4.6	0.6	4.1	5.1		
	Общо (n 25)	4.6	0.8	4.3	5.0		

SD, стандартно отклонение; p, равнище на значимост на разликите в средните равнища; partial η^2 , практическа значимост на разликите; Fmm, максимална сила – най-високата стойност от отделните опити в теста; *, статистически достоверни разлики при $p < 0.05$; **, статистически достоверни разлики при $p < 0.01$.

Таблица 6. Градиенти на силата, отчетени при теста за максимална сила.

Параметър	Участници	Средни стойности	SD	Доверителен интервал		P	Partial η^2
				Долна граница	Горна граница		
Sgrad (N/s)	Кану-каяк (n 8)	375.1	120.1	274.7	475.5	0.002**	0.513
	Бокс (n 8)	256.9	126.6	151.0	362.7		
	Катерене (n 9)	207.2	70.2	153.2	261.1		
	Общо (n 25)	276.8	125.3	225.1	3285.1		
Ies (N/s)	Кану-каяк (n 8)	35.7	24.0	157.0	557.6	0.676	0.043
	Бокс (n 8)	30.1	13.5	1879.1	413.2		
	Катерене (n 9)	38.1	22.5	208.4	554.3		
	Общо (n 25)	34.8	20.0	265.1	430.5		

Sgrad, градиент на силата, информиращ за темпа на нарастване на силата по време на първата част на мускулната контракция; Ies, градиент на силата, информиращ за темпа на нарастване на силата до максималната и стойност; SD, стандартно отклонение; p, равнище на значимост на разликите в средните равнища; partial η^2 , практическа значимост на разликите.

В таблици 7, 8, 9 и 10 са представени резултатите от тестовете за издръжливост на мускулите сгъвачи на лакътна става, напънали се при различна интензивност. Статистически достоверни разлики бяха открити между продължителността на тестовете при 70% MVC ($p = 0.025$, partial $\eta^2 = 0.335$) и между импулсите на силата, отнесени към телесната маса ($p = 0.042$, partial $\eta^2 = 0.297$). Спортните катерачи имаха по-добри резултати от другите две групи спортисти ($p < 0.05$) по тези два параметъра. Абсолютните стойности на импулса на силата не се различаваха достоверно ($p > 0.05$), но практическата значимост имаше сравнително големи стойности (Partial $\eta^2 = 205$). И по трите параметъра другите две групи спортисти не се различаваха ($p > 0.05$).

Таблица 7. Продължителност на изометричните усилия, импулс на силата и импулс на силата, отнесен към телесната маса при тест за мускулна издръжливост на сгъвачите в лакътна става с интензивност 90% MVC.

Параметър	Участници	Средни стойности	SD	Доверителен интервал		p	Partial η^2
				Долна граница	Горна граница		
Ttz (s)	Кану-каяк (n 8)	13.65	7.36	7.49	19.80	0.690	0.040
	Бокс (n 8)	17.66	6.97	11.22	24.11		
	Катерене (n 9)	18.20	6.52	13.19	23.21		
	Общо (n 25)	16.53	6.95	13.59	19.46		
J (N.s)	Кану-каяк (n 8)	4400.2	2356.7	2430.0	6370.5	0.786	0.026
	Бокс (n 8)	4784.8	2406.4	2559.3	7010.3		
	Катерене (n 9)	4449.2	1662.7	3171.2	5727.3		
	Общо (n 25)	4530.8	2047.1	3666.3	5395.2		
J/kg (N.s)	Кану-каяк (n 8)	55.3	33.4	27.3	83.2	0.685	0.041
	Бокс (n 8)	59.1	26.4	34.7	83.5		
	Катерене (n 9)	66.6	29.1	44.2	89.0		
	Общо (n 25)	60.6	29.0	48.4	72.9		

SD, стандартно отклонение; p, равнище на значимост на разликите в средните равнища; Partial η^2 , практическа значимост на разликите; Ttz - продължителност на изометричните контракции в зададените граници; %MVC – интензивност в проценти от максималната волева контракция (Fmm); J/kg – импулс на силата, отнесен към телесната маса.

Таблица 8. Продължителност на изометричните усилия, импулс на силата и импулс на силата, отнесен към телесната маса при тест за мускулна издръжливост на сгъвачите в лакътна става с интензивност 70% MVC.

Параметър	Участници	Средни стойности	SD	Доверителен интервал		P	Partial η^2
				Долна граница	Горна граница		
Ttz (s)	Кану-каяк (n 8)	25.42	5.98	20.42	30.42	0.025*	0.335
	Бокс (n 8)	30.06	8.84	22.67	37.45		
	Катерене (n 9)	38.51	10.85	30.17	46.85		
	Общо (n 25)	31.62	10.19	27.41	35.82		
J (N.s)	Кану-каяк (n 8)	6650.4	1846.2	5106.9	8193.8	0.130	0.203
	Бокс (n 8)	6862.0	2652.5	4644.4	9079.5		
	Катерене (n 9)	7262.1	1933.3	5776.1	8748.2		
	Общо (n 25)	6938.3	2088.3	6076.3	7800.3		
J/kg (N.s)	Кану-каяк (n 8)	82.8	27.3	60.0	105.7	0.042*	0.297
	Бокс (n 8)	83.2	27.8	59.9	106.4		
	Катерене (n 9)	107.0	27.2	86.0	127.9		
	Общо (n 25)	91.6	28.8	79.7	103.5		

SD, стандартно отклонение; p, равнище на значимост на разликите в средните равнища; Partial η^2 , практическа значимост на разликите; Ttz, продължителност на изометричните контракции в зададените граници; %MVC, интензивност в проценти от максималната волева контракция (Fmm); J/kg, импулс на силата, отнесен към телесната маса; *, статистически достоверни разлики при $p < 0.05$.

Таблица 9. Продължителност на изометричните усилия, импулс на силата и импулс на силата, отнесен към телесната маса при тест за мускулна издръжливост на сгъвачите в лакътна става с интензивност 50% MVC.

Параметър	Участници	Средни стойности	SD	Доверителен интервал		p	Partial η^2
				Долна граница	Горна граница		
Ttz (s)	Кану-каяк (n 8)	55.75	15.94	39.02	72.48	0.367	0.105
	Бокс (n 8)	49.14	6.30	43.87	54.40		
	Катерене (n 9)	57.29	10.15	49.49	65.10		
	Общо (n 25)	54.05	11.03	49.28	58.83		
J (N.s)	Кану-каяк (n 8)	10383.4445	3241.45831	6981.7426	13785.1464	0.126	0.205
	Бокс (n 8)	8194.4613	1903.42434	6603.1587	9785.7638		
	Катерене (n 9)	7879.9702	2443.39598	6001.8098	9758.1306		
	Общо (n 25)	8642.4386	2617.09591	7510.7215	9774.1558		
J/kg (N.s)	Кану-каяк (n 8)	127.0293	36.26758	88.9688	165.0898	0.321	0.119
	Бокс (n 8)	100.6545	23.41903	81.0757	120.2333		
	Катерене (n 9)	115.7743	35.05485	88.8287	142.7198		
	Общо (n 25)	113.4513	32.12998	99.5573	127.3453		

SD, стандартно отклонение; p, равнище на значимост на разликите в средните равнища; Partial η^2 , практическа значимост на разликите; Ttz, продължителност на изометричните контракции в зададените граници; %MVC, интензивност в проценти от максималната волева контракция (Fmm); J/kg, импулс на силата, отнесен към телесната маса.

Таблица 10. Продължителност на изометричните усилия, импулс на силата и импулс на силата, отнесен към телесната маса при тест за мускулна издръжливост на сгъвачите в лакътна става с интензивност 30% MVC.

Параметър	Участници	Средни стойности	SD	Доверителен интервал		p	Partial η^2
				Долна граница	Горна граница		
Ttz (s)	Кану-каяк (n 8)	109.79	34.16	73.94	145.64	0.600	0.055
	Бокс (n 8)	102.38	40.33	65.08	139.69		
	Катерене (n 9)	126.94	41.02	95.41	158.47		
	Общо (n 25)	114.45	38.80	97.25	131.65		
J (N.s)	Кану-каяк (n 8)	11742.3520	3871.68976	7679.2628	15805.4412	0.435	0.088
	Бокс (n 8)	8491.5783	2044.28556	6600.9295	10382.2271		
	Катерене (n 9)	10322.1638	4694.79609	6713.4241	13930.9036		
	Общо (n 25)	10127.0288	3848.77602	8420.5771	11833.4805		
J/kg (N.s)	Кану-каяк (n 8)	145.6470	50.16827	92.9986	198.2954	0.413	0.094
	Бокс (n 8)	107.9222	36.05739	74.5746	141.2697		
	Катерене (n 9)	150.6819	62.93696	102.3043	199.0595		
	Общо (n 25)	135.7034	53.49171	111.9865	159.4203		

SD, стандартно отклонение; p, равнище на значимост на разликите в средните равнища; Partial η^2 , практическа значимост на разликите; Ttz, продължителност на изометричните контракции в зададените граници; %MVC, интензивност в проценти от максималната волева контракция (Fmm); J/kg, импулс на силата, отнесен към телесната маса.

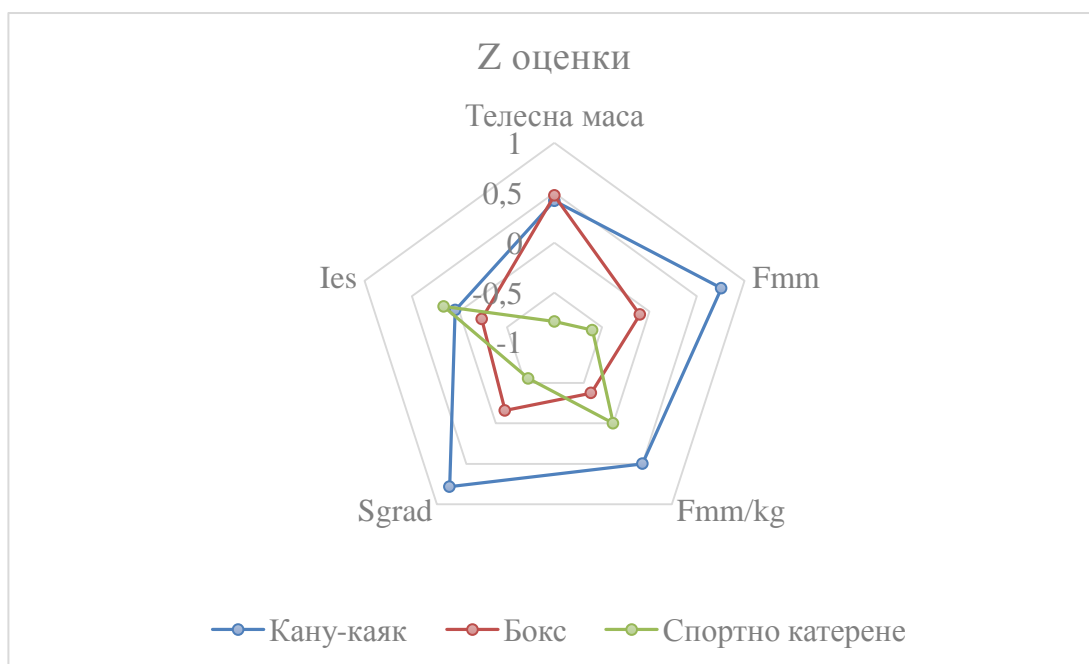
При интензивност 50% MVC практическата значимост на разликите между групите бе по-голяма от тази при 90% MVC и 30% MVC. По отношение на продължителността на тестовете за мускулна издръжливост и реализираните в тях импулс и относителен импулс на силата стойностите на partial η^2 при 50% MVC бяха съответно 0.105, 0.205 и 0.119 спрямо 0.040, 0.026 и 0.041 при 90% MVC и 0.055, 0.088, 0.094 при 30% MVC. При 50% MVC състезателите по кану-каяк реализираха по-високи

стойности на импулсът на силата ($J = 10383 \text{ N.s}$) от състезателите по бокс ($J = 8195 \text{ N.s}$) и спортните катерачи ($J = 7880 \text{ N.s}$).

Резултатите от теста за максимална сила и мускулна издръжливост на трите групи спортисти са онагледени на **фиг. 3, 4, 5 и 6**. За целта стойностите на анализирания механични параметри бяха нормирани и по конкретно – абсолютните стойности бяха превърнати в Z-оценки. Това се наложи поради факта, че отчитаните параметри имат различни мерни единици, което не позволява сравнение на техните абсолютни стойности.

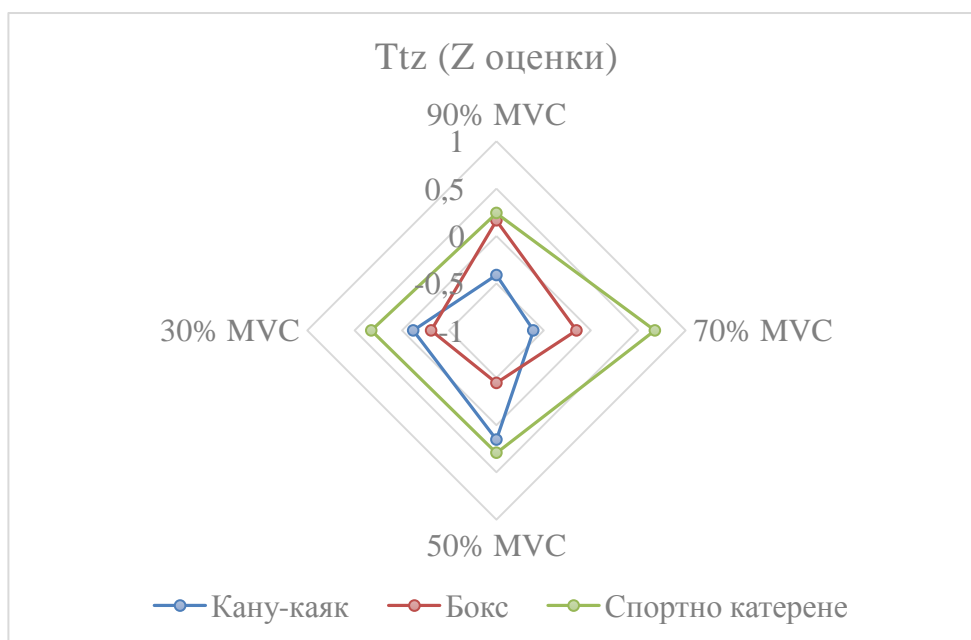
Така от тези фигури, построени на базата на Z-оценки, ясно личат съществуващите различия между трите групи. Освен това така представените параметри очертават силовите профили на състезателите по кану-каяк, бокс и спортно катерене. Т.е. става видно по отношение на кои силови характеристики дадена група превъзхожда или изостава спрямо средното ниво на трите групи. Така например състезателите по кану-каяк са с най-добри резултати и са със сравнително балансиран профил по резултатите от теста за максимална сила (**фиг. 3**). Единствено I_{es} на състезателите по кану-каяк е относително по-малък спрямо техните останали резултати. Състезателите по бокс са с по-слаби резултати от тези на състезателите по кану-каяк. За състезателите по бокс също може да се каже, че са с балансиран възможности в теста за максимална сила. Изключение прави тяхната относителна сила поради сравнително по-голямата телесна маса. Спортните катерачи пък имат ясно изразени предимства по отношение на I_{es} и относителната сила, както и диспропорционално по-ниски нива на максималната сила и S_{grad} .

По резултатите от тестовете за мускулна издръжливост при различна интензивност (**фиг. 4, 5 и 6**) си личи, че спортните катерачи имат най-балансиран профил от трите групи. Освен това по времето в зададените граници и импулсът на силата, отнесен към телесната маса, в почти всички случаи спортните катерачи се отличават с по-добри резултати. Z-оценките на абсолютните стойности на импулсите на силата са най-високи обаче при състезателите по-кану-каяк.

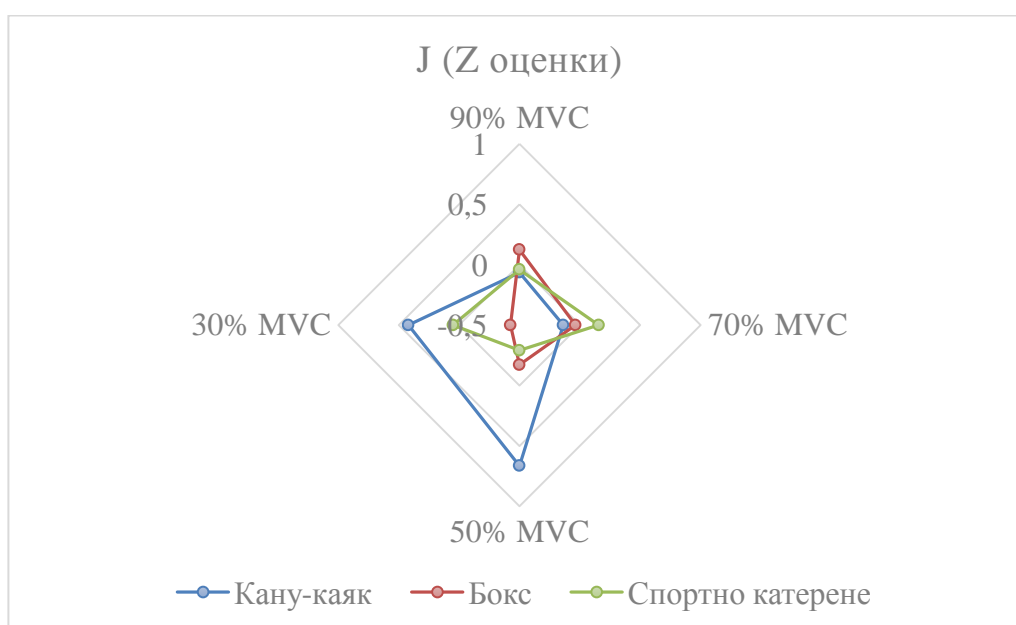


Фиг. 3 Трите групи спортисти, сравнени чрез Z оценки на телесната маса и резултатите от теста за максимална сила.

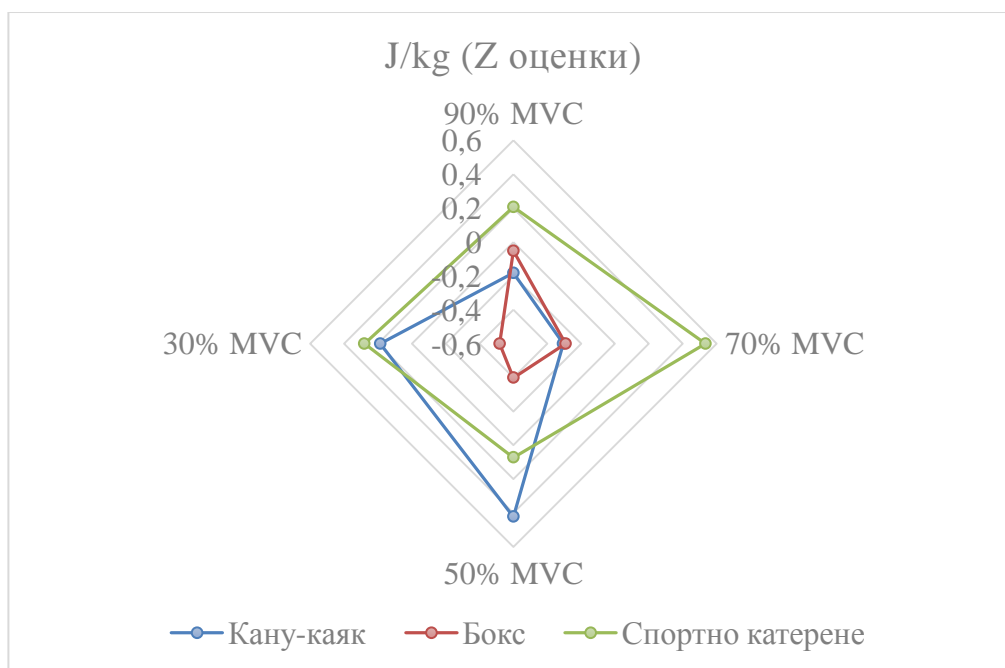
Те имат също така относително (както спрямо своята, така и спрямо другите групи) по-добри резултати в теста при 50% MVC. Макар и с по ниски резултати спрямо другите две групи, състезателите по бокс пък са относително с по-големи възможности в теста при 90% MVC спрямо постиженията си в останалите тестове за мускулна издръжливост. Въпреки, че информацията във **фиг. 3, 4, 5 и 6** е интересна, по-убедено може да се възприемат само разликите, които са статистически достоверни ($p < 0.05$) или са със сравнително високи стойности на практическата значимост ($\text{partial } \eta^2$).



Фиг. 4 Трите групи спортисти, сравнени чрез *Z* оценки на *времето в зададените граници* (Ttz), постигнато в тестовите за мускулна издръжливост при различна интензивност, зададена като процент от максималната волева контракция (% MVC).



Фиг. 5 Трите групи спортисти, сравнени чрез *Z* оценки на *импулса на силата* (J), реализиран в тестовите за мускулна издръжливост при различна интензивност, зададена като процент от максималната волева контракция (% MVC).



Фиг. 6 Трите групи спортисти, сравнени чрез Z оценки на импулса на силата, отнесен към телесната маса (J/kg), реализиран в тестовете за мускулна издръжливост при различна интензивност, зададена като процент от максималната волева контракция (% MVC).

Различният характер на натоварването по време на състезание – неговата интензивност и продължителност, както и относителното участие на различните мускулните групи, би следвало да са причина за съществуването на различия и в резултатите от тестовете на участниците от изследваните три вида спорт. Настоящото изследване показва, че по-големи разлики в максималното възможно време за поддържане на изометрични усилия между изследваните спортове, могат да се очакват при 70% и 50% MVC. Така например за спортните катерачи са характерни високи нива на силова издръжливост при 70% MVC, а състезателите по кану-каяк са адаптирани да се справят по-добре при 50% MVC, отколкото при другите нива на интензивност.

При интензивност 70% MVC спортните катерачи издържаха значително по-дълго и реализираха значително по-големи импулси на силата, отнесени към телесната маса ($p < 0.05$). Абсолютните стойности на импулсът на силата на катерачите не се отличаваха статистически достоверно от импулсите на силата на другите две групи, въпреки че размерът на ефекта върху мускулната издръжливост, оказван от вида спорт като фактор, беше сравнително голям. Постигането в тестове за мускулна

издръжливост от рода на приложените в настоящото изследване зависи както от локалната мускулна издръжливост, така и от силовите възможности. Импулсът на силата е по-подходящ показател за оценка на мускулната издръжливост от продължителността на изометричните усилия (MacLeod и кол., 2007) именно защото включва и силовия компонент. Ако се използва само времето на теста като критерий и не се взимат под внимание абсолютните стойности на генерираните сили (отчитани не в проценти от максималната сила, а в нютони), може да се подценят възможностите на лицата с по-високи нива на сила. Затова липсата на статистически достоверни разлики по отношение на абсолютните стойности на импулса на силата между трите групи изследвани спортисти би следвало да означава, че катерачите са относително по-издръжливи при интензивност 70% MVC, а другите две групи спортисти са с близка до тяхната работоспособност поради по-големите нива максимална сила. Това важи особено за състезателите по кану-каяк.

Относителните стойности на импулса на силата пък би следвало да служат за критерий за оценка на мускулната издръжливост, когато постижението в дадена спортна дисциплина зависи от възможностите да се преодолява собственото тегло. Това обяснява и факта, че при интензивност 70% MVC спортните катерачи имаха статистически достоверно по-големи стойности на импулса на силата, отнесен към собственото тегло, спрямо състезателите по кану-каяк и бокс.

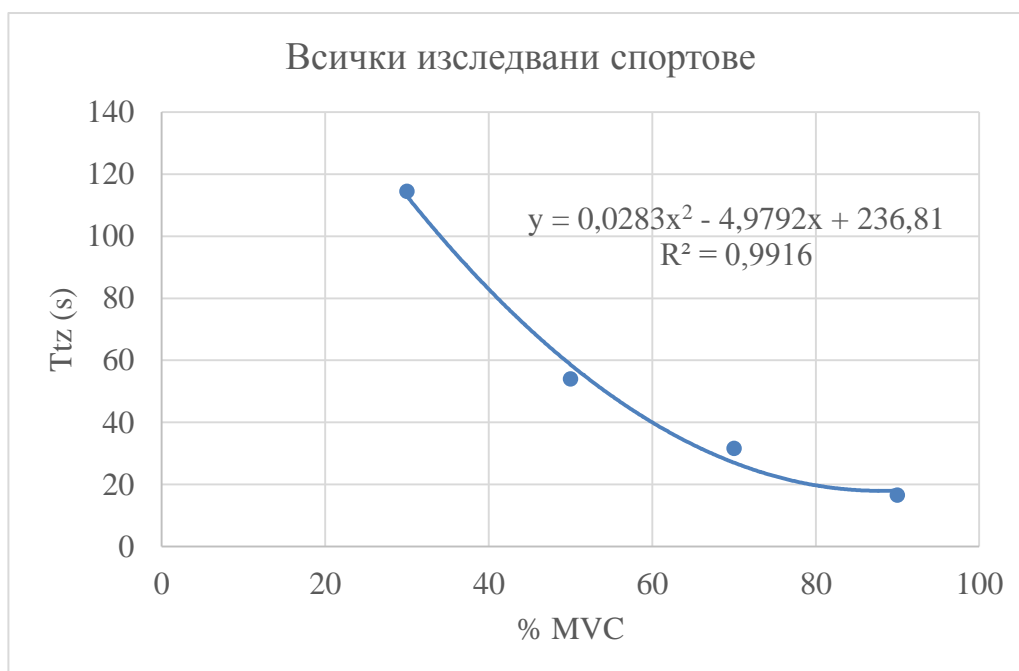
Състезателите по кану-каяк са с най-високите стойности на максималната сила от изследваните спортисти. Състезателите по кану-каяк се отличават ($p < 0.01$) и с достоверно по-големи градиенти на силата (Sgrad). Въпреки че принципно лицата с по-големи нива на максимална сила издържат по-малко време, настоящите данни сочат (partial $\eta^2 = 205$), че състезателите по кану-каяк са адаптирани да са по-работоспособни при 50% MVC. В кану-каяка е необходимо бързо да се генерира сила в първата фаза на загребването. Това обяснява високите нива на максимална сила и по-големите градиенти на силата спрямо тези в другите два спорта. Същевременно след първата фаза на загребването по-интензивност мускулните усилия в кану-каяка би следвало да са със средни стойности спрямо максималната сила на състезателите и трябва да се извършват многократно. Това обяснява и по-високата работоспособност при 50% MVC.

Комбинацията от всички измерени параметри показва, че специфичната работоспособност на състезателите по кану-каяк, като че ли се базира основно на локалния мускулен алактатен и аеробен капацитет, докато при спортните катерачи специфичната работоспособност се определя и от анаеробно-лактатните възможности.

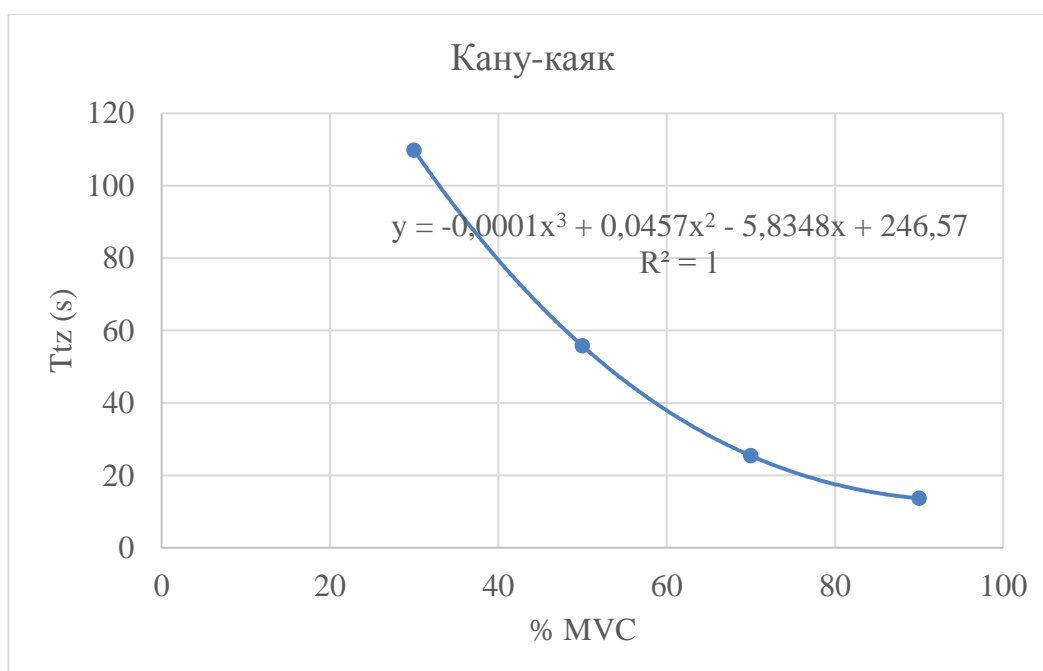
Биоенергетичният профил на състезателите по кану-каяк би следвало да е свързан предимно с алактатния и аеробния капацитет поради по-високите стойности на максималната сила и импулса на силата при 50% MVC. По-големият импулс на силата при 50% MVC е индиректен показател за този вид възможности, тъй като при тази интензивност не се стига до пълна оклузия. Това позволява да се разгърнат аеробните процеси в по-голяма степен. При 70% MVC се очаква напълно да се наруши доставката на кислород и енергия до налягащите се мускули. При такава интензивност участието на алактатната и аеробната система на енергоосигуряване ще се осъществява съответно на базата на запасите от креатинфосфат и кислород в мускулната клетка. Постижението в този случай, ще зависи в по-голяма степен от енергията, доставяна по анаеробно-гликолитичен път, отколкото това става при интензивности под 60% MVC. Такъв би следвало да е биоенергетичният профил на спортните катерачи. Те постигнаха най-добрите резултати в теста при интензивност 70% MVC. Състезателите по бокс не се отличаваха значимо с по-високи стойности на който и да е от отчитаните параметри. Вероятно това се дължи на факта, че за състезателите по бокс сгъвачите в лакътна става не са специфична мускулна група, както и факта че състезателното натоварване не включва изометрични усилия.

5.3. Регресионни модели и практическо приложение на получените резултати

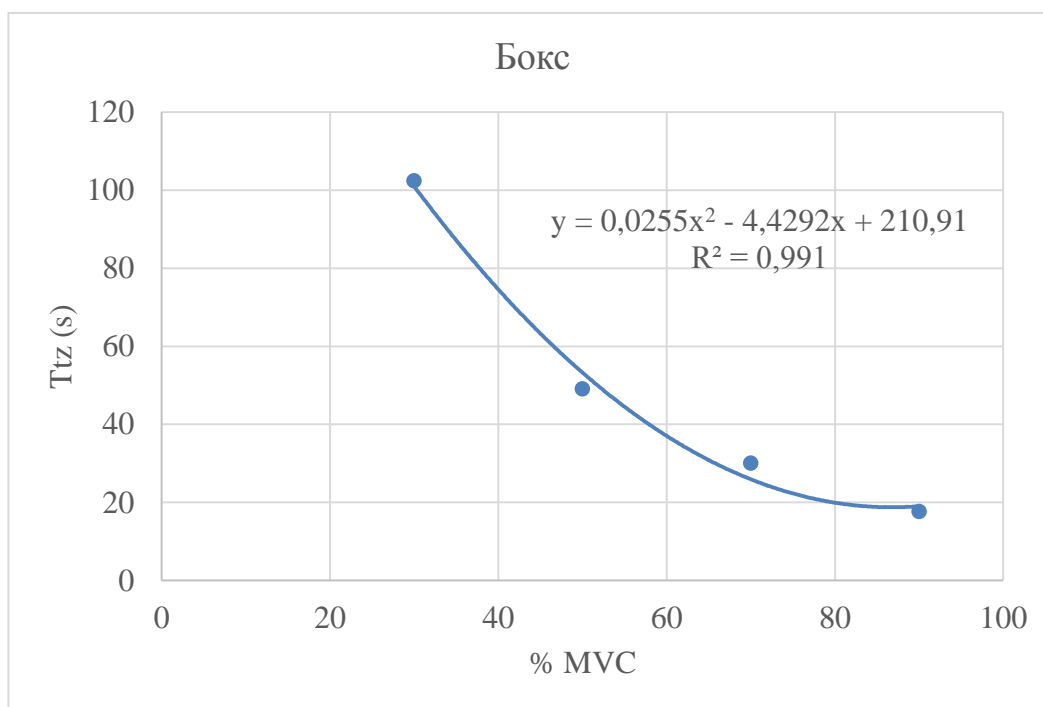
Фиг. 7, 8, 9 и 10 представят регресионни модели на зависимостта между интензивността и продължителността на изометричните контракции на сгъвачите на лакътна става при състезателите от трите вида спорт. Тези регресионни модели са с много висок коефициент на детерминация (R^2) и адекватно описват изследваните зависимости, тъй-като стойностите на равнищата на значимост на F-критерия на Фишер са по-малки от 0.01. Ето защо може да се очаква с голяма сигурност, че теоретичните стойности на продължителността на изометричните усилия, които могат да се предскажат чрез тези модели, ще отговарят на фактически реализираната продължителност при дадена интензивност, изразена като %MVC. Това би могло да помогне за правилното дозиране на натоварването при развиването на сила чрез изометрични упражнения.



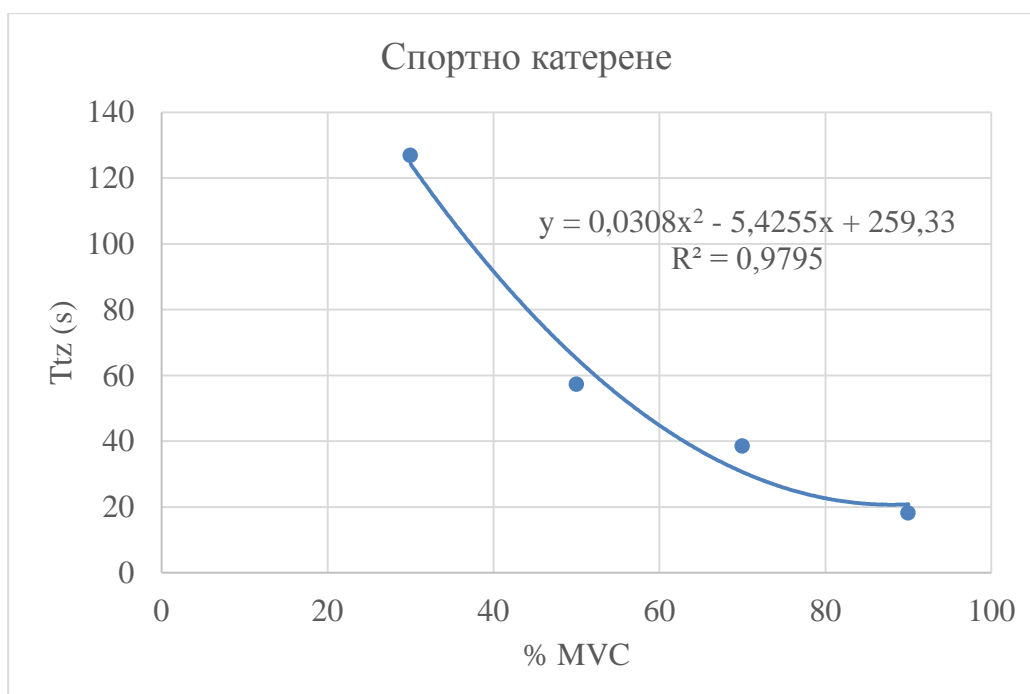
Фиг. 7 Регресионен модел на зависимостта между интензивността и продължителността на изометричните контракции на сгъвачите на лакътна става при общо за всички изследвани спортове.



Фиг. 8 Регресионен модел на зависимостта между интензивността и продължителността на изометричните контракции на сгъвачите на лакътна става при състезателите по кану-каяк.



Фиг. 9 Регресионен модел на зависимостта между интензивността и продължителността на изометричните контракции на сгъвачите на лакътна става при общо за състезателите по бокс



Фиг. 10 Регресионен модел на зависимостта между интензивността и продължителността на изометричните контракции на сгъвачите на лакътна става при състезателите по спортно катерене.

Активирането на различните типове мускулни влакна зависи от интензивността на мускулните контракции (Hannerz, J., 1974). Така например между 40% и 70% MVC се рекрутират голям брой бързи мускулни влакна от типа IIa (оксидативно-гликолитични). Над 70% MVC се активират още мускулните влакна от тип IIa, но се разчита все повече на участието на бързите мускулни влакна от типа IIx (гликолитични). Т.е. интензивността ще определя към кой тип мускулни влакна ще е насочено тренировъчното натоварване, дали ще се развива преимуществено максимална сила, заедно с подобряване на вътрешномускулна координация или ще се постигне мускулна хипертрофия и ще се подобри силовата издръжливост. За развиването на максимална сила чрез изометричния метод се препоръчва (Zatsiorski, V., 2006) продължителността на изометричните усилия във всяка серия да е между 2 и 8 секунди, а интензивността да е между 70% MVC (за горната граница на представения диапазон на продължителността на усилията) и 100% MVC (за долната граница на продължителността на усилията). За постигането на мускулна хипертрофия е необходимо да се подбере подходящата интензивност според това предимно към кой тип мускулни влакна ще бъде насочено тренировъчното натоварване и е препоръчително продължителността на мускулните усилия да бъде между 40 и 60 s (Цв. Желязков, Д. Дашева, 2017). Това ще активира гликолизата и ще доведе до увеличаване на концентрацията на водородни йони, които са фактор активиращ анаболните процеси.

Всичко това означава, че в зависимост от целта (насочеността) на тренировъчното натоварване чрез изометрични упражнения е необходимо да се подбере подходяща интензивност. В много случаи в практиката е трудно тя да бъде правилно дозирана и контролирана. Интензивността на изометричните усилия обаче определя тяхната максимална продължителност. Затова интензивността може да се определи от максималното време, за което спортистът успява да задържи статична позиция. Така може да се избегнат измервания на мускулната сила, което е удобно от практическа гледна точка, защото не изисква набавянето на апаратура.

От изключителна важност за ефективността на изометричния метод са и фундаменталните изследвания на Hettinger (1968). Авторът открива, че максимален тренировъчен ефект върху развитието на максималната сила може да се постигне с време на задържане на позиции, отговарящо на 20-30 % от продължителността, водеща

до пълно изчерпване. На тази основа Hettinger (1968) препоръчва какво трябва да е времето на изометричните контракции при различни съпротивления (виж **таблица 5**).

За правилното дозиране на интензивността и постигането на максимален ефект от прилагането на изометрични упражнения обаче е нужно да се използват не общи регресионни модели (Rohmert W., 1960; K. Avin, L. Law, 2010; K. Avin, L. Law, 2011), а модели специализирани за специфичната популация, която ще прилага изометричния метод, както и модели за мускулната група, която ще извършва изометричните усилия. На тази база може да се преизчислят и препоръчаните от Hettinger (1968) стойности на параметрите на изометричния метод (**таблица 5**). Ето защо установените с настоящото изследване регресионни модели биха послужили на спортната практика. Те биха могли да се използват при оптимизирането на натоварването за развиване на сила чрез изометрични упражнения. Предмет на бъдещи изследвания би било и създаването на такива модели за други спортни дисциплини.

6. ИЗВОДИ И ПРЕПОРЪКИ

6.1 Изводи

- 1) Практикуването на спорт е фактор, който оказва влияние на продължителността на изометричните усилия при интензивност, зададена като процент от максималната волева контракция.
- 2) Характерът на натоварването в различните спортове определя различия по отношението на измерваните механични параметри при изпълнението на тестове за мускулна издръжливост в изометричен режим.
- 3) Състезателите по бокс, кану-каяк и спортно катерене издържат с 12 s по-малко при интензивност 50% MVC и с 38 s по-малко при интензивност 30% MVC спрямо наличните до момента данни за зависимостта между продължителността и интензивността на изометричните усилия.
- 4) По-кратка продължителност на изометричните усилия се очаква и при състезатели в редица други спортове поради факта, че по-високите нива на максимална сила предизвикват по-голяма степен на интрамускулна циркулаторна оклузия и ограничават участието на аеробния метаболизъм.
- 5) По-големи разлики между изследваните спортове по отношение на максималното възможно време за поддържане на изометрични усилия може да се очакват при 70% и 50% MVC.
- 6) За спортните катерачи са характерни високи нива на силова издръжливост при 70% MVC, а състезателите по кану-каяк са адаптирани към по-голяма работоспособност при 50% MVC.
- 7) Състезателите по бокс не превъзхождаха другите две групи спортисти, тъй като сгъвачите в лакътна става не са специфична мускулна група и изометричните усилия не са застъпени в състезателното натоварване.

6.2. Препоръки

- 1) Прилагането на установените в настоящото изследване регресионни модели на зависимостта между продължителността и интензивността на изометричните усилия може да послужи за прецизно дозиране на натоварването при използването на изометрични упражнения и да повиши техния ефект при състезатели по кану-каяк, бокс и спортно катерене.
- 2) Когато се прилага изометричния метод при ниски (30% MVC) и средни нива на интензивност (50% MVC), в изследваните спортове трябва да се задава по-кратка от представената в специализираната литература продължителност на изометричните усилия.
- 3) По време на тренировка в различните видове спорт е необходимо изометричните усилия при един и същ процент от максималната волева контракция да се поддържат различно време.
- 4) За определяне на интензивността на изометричните усилия и правилното насочване на натоварването, без използването на апаратура, в спортната практика трябва се използват специфични за различни видове спорт регресионни модели на зависимостта между продължителността и интензивността на изометричните усилия.
- 5) Необходими са допълнителни изследвания за установяването на такива регресионни модели, валидни за други спортни дисциплини и за различни мускулни групи.

Научни приноси

С настоящото изследване са разкрити фактори и се добавят нови детайли в общото познание по въпросите на силовата тренировка, които позволяват оптимизирането на натоварването за развиване на мускулната сила чрез изометрични упражнения. Това бе възможно благодарение на използването на прецизната и надеждна апаратурна комплектация 3DSAC, разработена за задълбочена диагностика на силовите възможности. Настоящите резултати са предпоставка за предизвикване на научния интерес към провеждането на допълнителни изследвания за натрупване на множество данни, които да допринесат за по-пълното решаване на изследвания проблем.

Публикации, свързани с темата на дисертационния труд

1. **Michailov, M., Lambreva, S., Deneva, D., Andonov H.** Importance of elbow flexor muscle strength and endurance in sport climbing. Journal of Applied Sports Sciences, 2017; 1: 3-12.
2. **Михайлов, М., Андонов, Х., Денева, Д., Ламбрева, С., Грошев, О., Йорданов, П.** Продължителност на изометричните усилия при зададена интензивност в различни видове спорт. „Спорт и наука“ 2017; Извънреден брой 1: 179-192.
3. **Александрова, Д.** Ефекти от силови тренировки при различен режим на мускулните усилия. „Спорт и наука“, 2018 (под печат).