

Национална Спортна Академия “Васил Левски”

Катедра “Физиология и биохимия”

---

Д-р Даниела Александрова Алексиева

**Динамика на някои физиологични  
параметри от комплексно функционално  
изследване за оптимизиране на  
тренировъчната работа при плувци**

**АВТОРЕФЕРАТ**

на дисертационен труд за присъждане на образователната и  
научна степен “Доктор” в професионално направление 7.6. Спорт,  
докторска програма „Теория и методология на спортната наука“

Научен ръководител:

Доц. д-р Велизар Цолов Михайлов, доктор

София, 2018

Дисертационният труд съдържа 138 страници. Онагледен е с 37 таблици и 14 фигури. Библиографската справка включва 196 източника, от които 17 на кирилица.

Дисертационният труд е обсъден, приет и насочен за защита от разширен научен колегиум в катедра “Физиология и биохимия” към НСА “Васил Левски” на 14.02.2018 година.

Защитата на дисертационния труд ще се състои на Открито заседание на Научното жури на 27.03.2018 год. от 14 часа в зала А-3 на НСА “Васил Левски”, София.

**Официални рецензенти:**

Проф. д-р Мария Василева Тотева, дмн  
Доц. д-р Милена Георгиева Николова, доктор

# Съдържание

1. Увод .....	5
2. Хипотеза .....	6
3. Цел .....	7
4. Задачи .....	7
5. Обект на изследването .....	8
6. Предмет на изследването .....	8
7. Изисквания към изследваните лица .....	8
8. Експериментална група .....	9
9. Спироергометрично изследване .....	9
10. Период и място на изследването .....	10
11. Показатели на изследването .....	10
11.1. Антропометрични показатели .....	10
11.2. Физиологични показатели .....	11
11.3. Биохимични показатели - концентрация на кръвен лактат .....	14
12. Използвана апаратура .....	14
13. Статистически методи .....	15
14. Резултати и анализ .....	17
14.1. Вариационен анализ .....	17
14.1.1. Промени в антропометрични и физиологични показатели при мъже и жени .....	17
14.1.2. Динамика в максималната кислородната консумация и кислородния пулс при мъже и жени .....	19
14.1.3. Динамика на сърдечната честота - мъже и жени .....	23
14.1.4. Промени в плазмената концентрация на лактат и лактатен праг - мъже и жени .....	27
14.2. Корелационен анализ .....	31
15. Заключение .....	33
16. Изводи .....	33
17. Приноси .....	34
18. Препоръки .....	34
19. Публикации, свързани с дисертационния труд .....	35

## Най-често използвани съкращения

АТФ	аденозин трифосфат
АнП	анаеробен праг
МСО	минутен сърдечен обем
уд./мин.	сърдечна честота
% ТМ	процент телесни мазнини
HR	сърдечна честота
HRmax	максимална сърдечна честота
La	лактат
ml/kg/min	милилитра на килограм тегло за минута
O <sub>2</sub> /HR	кислороден пулс
VO <sub>2</sub>	кислородна консумация
VO <sub>2</sub> max	максимална кислородна консумация
Wmax	максимална ергометрична работоспособност

## 1.Увод

Плуването спада към спортовете с цикличен (локомоторен) характер на движенията. Изразява се в стереотипни двигателни актове, характеризиращи се с последователно и ритмично редуване на сгъване и разгъване на крайниците, осигуряващо придвижването на тялото във водна среда. Характерно за цикличните спортове е сравнително простата регулация на движенията, базирана най-вече на гръбначномозъчната рефлекторна дейност. Интеграцията на сензорната информация в сетивните корови зони, нейния анализ и генерирането на адекватен отговор в моторните полета на кортекса, става по относително опростени схеми. Локомоторните движения на крайниците се реализират чрез волеви и рефлекторни контракции в различно съотношение и последователност. Точното осъществяване на двигателните актове изисква синхрон в съкращението на отделни групи скелетни мускули – агонисти, синергисти и антагонисти, както и координиране на редица параметри като дължина, напрежение, скорост, продължителност и др.

Важен момент при плувните дисциплини е съгласуването на дихателните движения с фазите на загребване. Волевата задръжка на дишането и форсирането на инспирацията и експирацията създават предпоставки за развитието на силата на респираторната мускулатура, обема на гръдния кош и повишаването на виталния капацитет. Нарастват и стойностите на максималната кислородна консумация.

Плувният спорт предявява повишени изисквания и към сърдечносъдовата система. Въпреки, че хоризонталното положение на тялото донякъде облекчава циркулацията, кръвотокът към работещите мускули силно се повишава. Пулсовата честота достига максималните си граници, за да се задоволи доставката на кислород и нутриенти, като същевременно се елиминират отпадните продукти на обмяната.

Състезателното плуване се появява в края на 19-ти век и постепенно се оформят 4 стила на плуване – свободен стил, бруст, кроул на гръб и бъртерфлай. Основните плувни дистанции и в четирите стила са 50, 100 и 200 м, като в кроула има и дължини от 400, 800 и 1500 м. Състезателното плуване при тези разстояния се движи във времеви диапазон, приблизително от 23 секунди до 14,5 минути. В тези рамки на времетраене, интензивността на натоварването формира разнообразни изисквания към кардиореспирацията, енергоосигуряването и развитието на определени двигателни качества, най-важното от които е скоростната издръжливост. В тази връзка, интерес за спортната практика представлява изследването на определени физиологични параметри, промените на които биха дали ясна представа за правилната насока в провеждането на тренировъчния процес в плуването.

## **2. Хипотеза**

Считаме, че проследяването на динамиката на някои физиологични, биохимични и антропометрични параметри през отделните макроцикли в подготвителния етап би допринесло за правилно дозиране на натоварванията и оптимизиране на спортно-тренировъчния процес.

Познаването на основните физиологични показатели ще даде възможност за контрол и управление на спортната подготовка, което е в основата на постигането на високи спортни резултати.

### 3. Цел

Целта на настоящото изследване е да се определи информативността в промените на някои физиологични, биохимични и антропометрични показатели, с оглед оптимизиране на спортно-тренировъчния процес в плувния спорт при подрастващи.

### 4. Задачи

1. Провеждане на предварителни изследвания за стандартизиране на предложената методика;
2. Изследване на измененията в релативната стойност на максималната кислородната консумация -  $\text{VO}_2\text{max}$  (ml/kg/min) по време на тренировъчните цикли;
3. Проследяване динамиката на плазмената лактатна концентрация и определяне на лактатния праг;
4. Анализиране на измененията в някои антропометрични показатели на изследваните лица;
5. Установяване на промените в сърдечната честота и определяне на кислородния пулс;
6. Комплексна оценка на изследваните показатели и определяне на насоките за оптимизиране на спортно-тренировъчния процес.

## **5. Обект на изследването**

Обект на това изследване са антропометрични (ръст, тегло, процент телесни мазнини), физиологични (максимална кислородна консумация, сърдечна честота, максимална сърдечна честота, кислороден пулс) и биохимични (кръвен лактат) показатели през различните макроцикли на подготвителния етап на състезатели по плуване.

## **6. Предмет на изследването**

Предмет на изследването е проследяване динамиката на посочените показатели през различните макроцикли в подготвителния етап с оглед оптимизиране на спортно - тренировъчния процес.

## **7. Изисквания към изследваните лица**

С цел сравнимост на резултатите от изследванията на лицата, включени в изследването се наложи те да бъдат подбрани при няколко условия:

1. Пол: Изследваните лица са мъже и жени;
2. Възраст: Възрастта е между 13 и 18 години;
3. Здравословно състояние - клинично здрави лица, чиито родители са подписали декларации за информирано съгласие;
4. С лицата трябва да са проведени три спироергометрични изследвания.



## **8. Експериментална група**

Лицата включени в експерименталната група са подбрани сред състезатели по плуване, провеждали тренировка по методика, отговаряща за включване в националния отбор за съответната възраст. На поставените условия отговаряха 29 лица - 21 мъже и 8 жени.

## **9. Спироергометрично изследване**

Кардиопулмонално тестване при стъпаловидно натоварване до отказ е функционален тест за комплексна оценка на кардио-респираторната система и възможностите ѝ да осигури потребностите на организма при натоварване. Изследват се параметрите на сърдечно-съдовата система и газообмена, които дават информация за характера на работния метаболизъм. При този тест мощността на работа нараства постепенно, като преминава през стъпала, до момента на настъпване на отказ. Приложеният стандартен за нашата страна стъпаловиден модел на физическо натоварване е по И. Илиев (1974 год.). Натоварването се провежда на велоергометър, с постоянна честота на педалиране от 60 об./мин., при начална мощност 60 W за мъже и 30 W за жени. У нас е възприета схема с дължина на стъпалото 90 секунди и височина 30 W, т.е. на всеки 90 сек. мощността се повишава с 30 W, докато настъпи моментът на отказ. При провеждане на експеримента непрекъснато се контролират характеристиките на електрокардиограмата, стойностите на артериалното кръвно налягане и сърдечната честота, с което се спазват медицинските изисквания за провеждане на стрес-тестове. Критериите за оценка на обективността на постигнатия максимум са наличие на плато в динамиката на кислородната консумация; реализиран максимален респираторен квотиент, по-голям от 1,15 и физическа неспособност за продължаване на теста (Wasserman K. и съавт., 2005).

## **10. Период и място на изследването**

Изследванията се проведеха през периода 2013 –2014 година. Всички лица бяха изследвани в края на всеки макроцикъл от подготвителния етап - октомври 2013, май 2014 и октомври 2014 год. След подписаното информирано съгласие, проведехме три максимални спироергометрични изследвания, съответстващи на посочената макроструктура на тренировъчния процес. В трите тестираня участваха едни и същи лица.

Изследванията се проведеха в „Дирекция координация и контрол на спортната подготовка“ към Министерство на младежта и спорта, с участието на специалисти от катедра „Физиология и биохимия“ към НСА.

## **11. Показатели на изследването**

Изследваните показатели можем условно да класифицираме в три основни групи:

### **11.1. Антропометрични показатели**

Оценката на физическото развитие извършихме след измерването на следните показатели: ръст, тегло, процент телесни мазнини.

1. Телесно тегло - измерва се с медицински везни с точност до 50 гр.
2. Ръст - определя дължината на тялото по неговата вертикална ос от пода до vertex-а. Ръстът се измерва с антропометър, сутрин с точност до 0,5 см. Тялото се опира до стойката на ръстомера в петите, прасците, кръстната и междупрешленната област.
3. Определяне на процента телесни мазнини по метода на кожните гънки. Измерването с калипер или т.н. калиперметрия е метод за определяне на процента телесни мазнини. Измерени са 10 кожни гънки на различни места на тялото, като снетите данни са изчислени

по формулата на Паржискова, чрез която се изчислява процентът на телесните мазнини.

Задължително условие за точността на антропометричните изследвания е те да се извършват по определена стандартизирана методика, с точна и изправна апаратура (McArdle W. и съавт., 1996; Тотева М., 1992). Извършват се сутрин на гладно, а изследваните лица са боси по бельо.

## **11.2. Физиологични показатели**

1. Максимална ергометрична работоспособност ( $W_{\max}$ ) – най-високата мощност на работа, която се достига при максимален стъпаловиден тест до отказ.
2. Максимална кислородна консумация ( $VO_{2\max}$ )

Най-високата кислородна консумация по време на максимално натоварване до отказ. Интегрален показател, който отразява:

- скорост на дифузия на газовете в белите дробове
- ударен и минутен обем на сърцето
- кислородна вместимост на кръвта,
- артериално-венозна разлика на кислорода
- способността за използване на кислорода от мускулните клетки.

Представя се в абсолютни стойности (l/min, ml/min) или релативни стойности (ml/kg/min). Нейните абсолютни стойности могат да бъдат между 3,0 и 7,0 l/min при мъже и 2,5 и 4,5 l/min при жени. При нетренирани тези стойности са между 2,5 - 3,0 l/min. Тъй като максималният аеробен капацитет се влияе от телесното тегло, освен в абсолютни стойности той се отразява и в относителни (релативни). Средната относителна максимална консумация на кислород на

нетренирани мъже е около 40 - 45 ml/kg/min и намалява с възрастта. При тренираните може да достигне и до 80 ml/kg/min. Този показател е линейно свързан с енергоразхода и отразява максималните възможности на индивида да работи аеробно. Тя е индивидуалната горна граница на аеробния (кислородно-зависим) метаболизъм.  $\text{VO}_{2\text{max}}$  (аеробният капацитет) е критерий за нивото на аеробната работоспособност и функционирането на кардиореспираторната система и нивото на нейната адаптация при здрави активно и неактивно спортуващи.

### 3. Сърдечна честота (HR)

Промените на сърдечната честота дават информация за реакциите и функционалното състояние на сърдечно - съдовата система и адаптацията на организма към физическото натоварване. Промените в този показател по време и след натоварване се използват в различни тестове за определяне на нивото на тренираност. Той е един от най-лесно измеримите обективни и информативни показатели за поносимостта на организма към дадено натоварване. Нормалната сърдечна честота се нарича нормокардия и е в интервала 60-90 уд./мин. Нарастването ѝ е първият и основен признак, който най-тясно се свързва с величината на извършваната физическа работа (Добрев Д. и съавт., 1987). Колкото по-интензивна е работата, толкова по-висока става HR. Това увеличение по време на натоварване е резултат както от повишена активност на симпатиковия дял, така и от понижен тонус на вагуса (Илиев И., 2002).

Приема се, че в тестовете за оценка на работоспособността, информативни са само стойностите на сърдечната честота, отчетени по време на натоварването (Душков В., 1982). Сърдечната честота се покачва през по-голямата част от стъпаловидния тест линейно, като достига максималните си стойности, преди да се установи  $\text{VO}_{2\text{max}}$ . Проследяването ѝ в хода на теста има голяма практическа стойност, защото е установено, че с подобряване на тренираността, на дадено

стъпало се работи с по-ниска сърдечна честота. Отнесено към плуването това означава, че дадена скорост може да се поддържа с по-ниска HR. Адаптационните промени, които настъпват по отношение на този показател се изразяват в спортна брадикардия – забавяне на сърдечната дейност, като пулсовата честота е под 60 уд./мин. в покой. Обяснява се с увеличения ударен обем при тренираните и с повишаване тонуса на парасимпатикуса. При извършване на една и съща работа HR у тренирани се покачва по-малко, отколкото при нетренирани.

Най-високата сърдечна честота, достигната по време на максимално натоварване се нарича максимална сърдечна честота (HRmax). Тя зависи от възрастта, като постепенно намалява. HRmax се определя чрез възрастово базираната формула на Astrand&Rhyming:

$$HR_{max} = 220 - \text{възраст (год.)}$$

#### 4. Кислороден пулс ( $O_2/HR$ )

Индиректен показател за големината на ударния обем на сърцето. Той се изчислява въз основа на отношението между кислородната консумация и сърдечната честота. Този показател показва колко милилитра кислород се консумират за времето на едно сърдечно съкращение. Кислородният пулс отразява икономичността и ефективността на работа на сърдечно-съдовата система. В покой той е около 4-5 ml, а при натоварване се покачва и над 20 ml. По-високата стойност на  $O_2/HR$  е свързана с по-големи резерви на сърдечно-съдовата система. По неговата величина по време на натоварване могат да се правят изводи за адаптационните възможности на сърцето, дали то е в състояние да повиши минутния сърдечен обем чрез увеличение на ударния си обем или реагира с повишаване на сърдечната честота.

### **11.3. Биохимични показатели - концентрация на кръвен лактат**

Лактатът е продукт от разграждането на въглехидратите по пътя на гликолизата. Концентрацията му в кръвта в покой е между 0,5 – 2,2 mmol/l. Той е основен критерий за интензивността на натоварването в спорта. Лактатът се счита за краен метаболитен продукт, чието повишение в кръвта по време на натоварване е индикатор за анаеробен метаболизъм. При максимално стъпаловидно натоварване до отказ се използва определянето на анаеробния праг, чрез интензивността на натоварването, при която концентрацията на лактат в периферната кръв достига 4 mmol/l. Динамиката на натрупването на La в кръвта по време на натоварване в зависимост от неговата интензивност се описва чрез експоненциална крива, която включва определянето на две инфлексни точки, фиксиращи преходните нива на аеробния и анаеробния метаболизъм.

В резултат на тренировъчния процес, с подобряване на функционалното състояние се променя и ходът на кривата лактат-мощност. При добре тренирани състезатели мощността на работа при която се достига анаеробния праг се увеличава.

## **12. Използвана апаратура**

При решаване на поставените задачи, в апаратната част от изследването беше използвана специализирана спироергометрична апаратура за непрекъснат газов обмен („breath-by-breath”), Jaeger Cosmed - Quark. Чрез нея се изследват параметрите на сърдечната дейност и газообменът, които дават точна информация за характера на работния метаболизъм. Измерените показатели и техните производни, регистрирани в хода на физическото натоварване са математически моделирани. Пробите

от издишания въздух се изследват на всеки 20 секунди. По време на натоварването непрекъснато се мониторира следните параметри:

- съдържанието на  $O_2$  в издишания въздух и респективно обемът на консумирания кислород  $VO_2$  (като разлика от съдържанието му в атмосферния въздух и това в издишания);
- съдържанието на  $CO_2$  в издишания въздух и съответно  $VCO_2$  - обемът на издишания въглероден двуокис;
- честотата на дишане;
- дихателния обем и вентилацията, вкл. и максималната белодробна вентилация;
- сърдечната честота;
- артериалното налягане.

Спироергометричните изследвания се проведоха на велоергометър Monark, което създаде благоприятни условия за ергометрична оценка на реализираното натоварване.

За определяне на концентрациите на лактат беше използван лактатен биохимичен анализатор Lactate Pro.

## 13. Статистически методи

За детайлна оценка на разликите в динамика на изследваните параметри през отделните макроцикли на тренировъчния процес, изследваните лица в експерименталната група бяха разделени по пол.

Използваните статистически методи за решаване на поставените задачи са следните:

1. Вариационен анализ и оценка на разпределението на всеки от изследваните показатели. Показателите от вариационния анализ се отнасят за средно аритметичната величина  $\bar{X}$ , изчислена за изследваните извадки. Статистически са определени също средно

квадратичната стойност  $S$ , коефициентът на вариация  $V$ , максимална (Max), минимална (Min) стойност и размахът  $R$ ;

2. Сравнителен анализ с критерия на Стюдънт и изчислена гаранционна вероятност  $P_t$  [%], определени според равнището на значимост, получено от статистическия анализ;
3. Формулиране на нулева/алтернативна хипотеза относно разликите в средните стойности на изследваните показатели;
4. Корелационен анализ с коефициент на Pearson и определяне на вътрешногруповите и междугрупови корелационни зависимости.

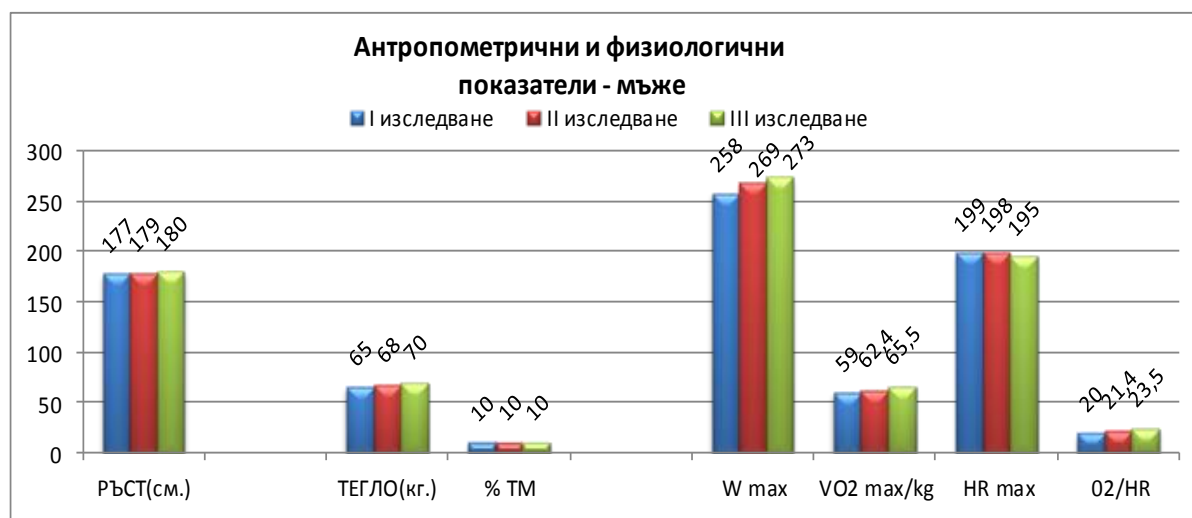


## 14. Резултати и анализ

Направен е вариационен анализ на изследваните параметри в трите спироергометрични изследвания, а след това и сравнителен анализ чрез критерия на Стюдънт. Ниските стойности на изчислените коефициенти дават основание да допуснем нормално разпределение на изследваните статистически извадки. Показателите от сравнителния анализ са пресметнатите вариационни коефициенти, а именно коефициент на Стюдънт  $t$  и гаранционна вероятност  $P_t$  [%], определени според изчисленото равнище на значимост, получено от статистическия анализ.

### 14.1. Вариационен анализ

#### 14.1.1. Промени в антропометрични и физиологични показатели при мъже и жени



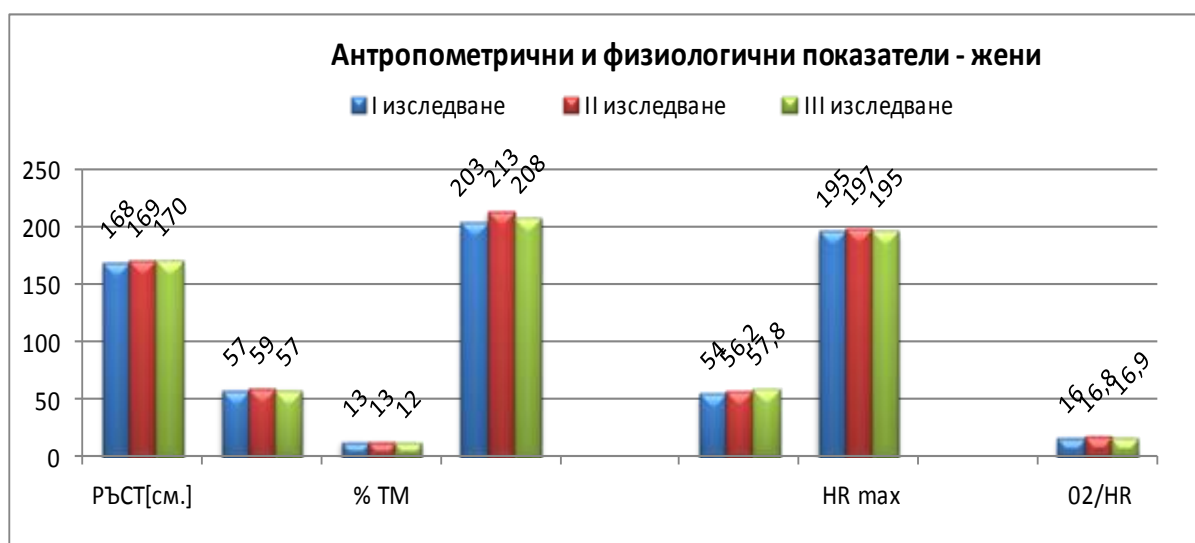
Фиг. 1 Динамика на антропометричните и физиологични показатели при мъже

Фигура 1 демонстрира динамиката на физиологичните и антропометрични показатели при състезатели мъже в хода на три изследвания, проведени през шест месеца: син цвят – I изследване, червен цвят – второ и зелен цвят – трето.

От проследените физиологични параметри значителна динамика се установява както в стойностите на средната относителна  $VO_{2max}$  (59 - 65,5

ml/kg/min.), така и по отношение на кислородния пулс (20 - 23,5 ml). Средната HR max варира в границите между 195-199 уд/мин. Стойностите на средната Wmax са между 258–273W.

Наблюдава се леко покачване на ръста и телесното тегло, докато процента телесни мазнини се запазва в порядъка на 10% в периода на трите изследвания.



**Фиг. 2** Динамика на антропометричните и физиологични показатели при жени

Фигура 2 илюстрира изменението на физиологичните и антропометрични показатели при жени в хода на трите изследвания: син цвят – първо изследване, червен цвят – второ изследване и зелен цвят – трето изследване.

Наблюдава се значителна динамика по отношение на относителната  $VO_{2max}$  (54 - 57,8 ml/kg/min.) и на кислородния пулс (16 - 16,9 ml). Средната HR max е от порядъка на 195–197 уд./мин. Максималната ергометрична работоспособност (W max) е в границите 203–213 W.

Установява се слабо покачване на ръста и телесното тегло. Наличието на прираст в ръста и теглото е свързано най-много с процесите на растеж на организма на изследваните лица. Процентът телесни мазнини бележи спад с 1 % между второ и трето изследване.

Проучванията установяват, че жените, които не плуват активно, имат по-висок процент телесни мазнини от тези, които тренират плуване. Тренировъчния процес може да доведе до по-нисък процент на телесни мазнини в сравнение с не-спортуващите, което потвърждава тезата, че плуването оказва влияние върху този антропометричен показател, защото оказва въздействие върху мастната маса (Kumar S., и съавт., 2013). Изследванията установяват, че измерванията на телесния състав и соматотипа могат да бъдат фактори за ефективността на плуването (Изов Н., 2000).

Настоящото проучване показва, че антропометричните изменения се обясняват със съзряването и могат да се използват при оценката на тренировъчния процес в плувния спорт.

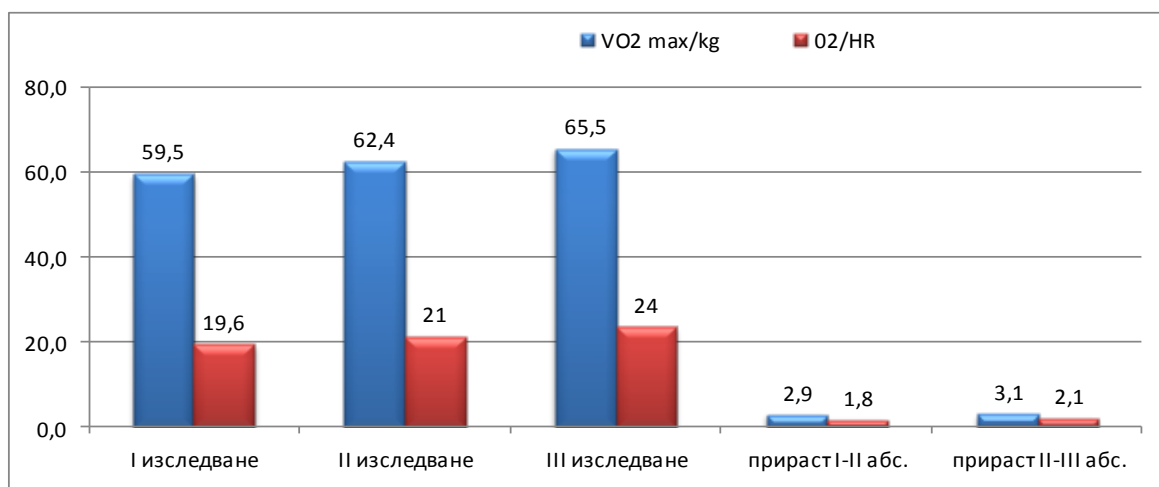
#### **14.1.2. Динамика в максималната кислородната консумация и кислородния пулс при мъже и жени**

Максималната аеробна мощ осигурява количествената характеристика на капацитета на индивида за аеробно осигуряване с енергия. Изследванията показват, че спортисти от световна класа, които се състезават в спортове за издръжливост имат работен капацитет, който е с около 75% по-висок в сравнение с популация, която води заседнал начин на живот.

**Таблица 1** Прираст на кислородната консумация и кислородния пулс при състезатели мъже

<b>Прираст</b>	<b>VO<sub>2</sub> max/kg</b>	<b>O<sub>2</sub>/HR</b>
I изследване	59,5	19,6
II изследване	62,4	21
III изследване	65,5	24
прираст I-II абс.	2,9	1,8
прираст II-III абс.	3,1	2,1
прираст I-II	5%	9%
прираст II-III	5%	10%

На таблица 1 са представени показателите на относителната максимална кислородната консумация и кислородния пулс при мъже, получени в резултат на тренировъчния процес. Изчислената гаранционна вероятност надвишава граничната стойност от 95% и потвърждава обстоятелството, че са налице статистически значими разлики между отделните изследвания.



**Фиг. 3** Динамика на кислородната консумация и кислородния пулс при състезатели мъже

Динамиката на едни от най-важните параметри в тренировъчния процес при състезатели-мъже са показани на фигура 3. Демонстрира се динамиката на относителната  $VO_2\max$  (син цвят) и кислородния пулс (червен цвят) при мъже. Видимо е покачването на относителната  $VO_2\max$ : 59,5 ml/kg/min при първо изследване, 62,4 ml/kg/min при второ изследване и 65,5 ml/kg/min при трето изследване. Прирастът в абсолютни стойности на този показател между първото и второто изследване е 2,9 ml/kg/min (5%), а между второто и третото изследване е 3,1 ml/kg/min, отново 5%. Наблюдава се също повишаване на стойностите на кислородния пулс, който е индиректен показател за ударния обем на сърцето. Както се вижда от фиг. 3,  $O_2/HR$  при първото изследване е 19,6 ml, при второто – 21 ml, а при третото 24 ml. Прирастът между първо и

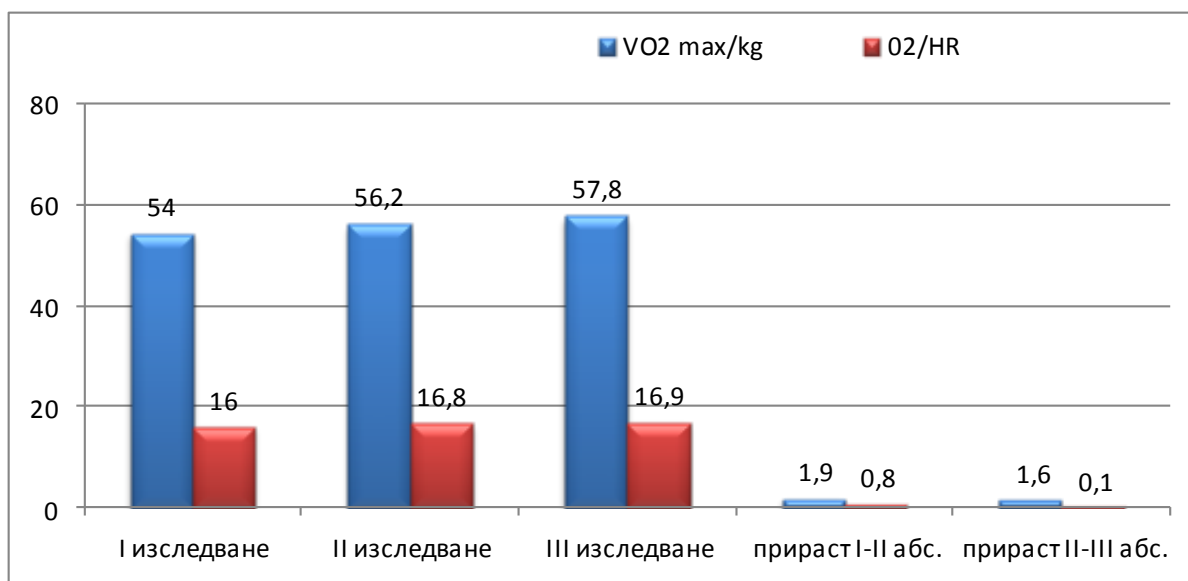
второ изследване в абсолютни стойности е 1,8 ml (9%), докато между второто и третото е 2,1 ml (10%).

Кислородният пулс е параметърът, който може да бъде използван за прогнозиране на ударния обем на сърцето (Bhambhani Y. и съавт., 1994). Той отразява икономичността в работата на сърдечно-съдовата система. Традиционно е прието, че по време на интензивно физическо натоварване платото на ударния обем се достига при 40% от  $\text{VO}_{2\text{max}}$ . Последните проучвания (Vella C.A., 2005) доказват, че ударния обем постепенно се увеличава до  $\text{VO}_{2\text{max}}$  при тренирани и нетренирани лица. Това увеличение може да бъде повлияно от тренираността, възрастта и пола (Vella C.A., 2005).

**Таблица 2** Прираст на кислородната консумация и кислородния пулс при състезатели жени

Прираст	$\text{VO}_{2\text{max/kg}}$	$\text{O}_2/\text{HR}$
I изследване	54	16
II изследване	56,2	16,8
III изследване	57,8	16,9
прираст I-II абс.	1,9	0,8
прираст II-III абс.	1,6	0,1
прираст I-II	4%	5%
прираст II-III	3%	1%

Стойностите на прираста при състезателите жени са определени чрез критерия на Стюдънт и са показани на таблица 2. Прирастът е в границите на статистическа значимост, удовлетворяваща изискването за достигане на гаранционна вероятност 95%.



**Фиг. 4** Динамика на кислородната консумация и кислородния пулс при състезатели жени

От фигура 4, демонстрираща динамиката на относителната  $VO_2\max$  (син цвят) при жени може да се види увеличението на този показател от 54,0 ml/kg/min. при първо изследване до 57,8 ml/kg/min при трето изследване. Покачването е 7% между първо и трето изследване. От същата фигура ясно личи покачването на кислородния пулс (червен цвят) от 16 ml при I-вото изследване на 16,9 ml в III-то изследване, т.е. прирастът е в границите на 6%. В съответствие с литературните данни  $VO_2\max$  при жените е по-ниска в сравнение с тази на мъжете (Flandrois R.,1982; Costill D.L. и съавт., 1992).

$VO_2\max$  като критерий за оценка на максималния аеробен капацитет показва при нашия контингент, както при момчетата, така и при момичетата линейно повишение с възрастта. Данните от литературните източници сочат, че висококвалифицираните плувци - мъже и жени имат стойности на  $VO_2\max$ , вариращи от 50-75 ml/kg/min за мъже и 45-65 ml/kg/min, съответно при жени (Costill D.L. и съавт., 1992). Изследванията във възрастова група от 18 до 22 години на лица с нормална двигателна активност показват стойности на  $VO_2\max$  от 44 - 50 ml/kg/min за мъже и 35 - 42 ml/kg/min за жените (Costill D.L. и съавт., 1992). В съответствие с тези данни, можем да направим заключение, че тренировката по плуване води

до увеличаване на  $\text{VO}_2\text{max}$ , независимо от възрастта. Сравняването на  $\text{VO}_2\text{max}$  при жени и мъже в условия на висока надморска височина показват също, че жените имат по-ниски стойности в сравнение с мъжете (Gonzalez-Parra G. и съавт., 2013).

Според най-новите изследвания прогнозиране на резултатите чрез стойностите на  $\text{VO}_2\text{max}$  и въздействието на тренировъчния процес са важни въпроси в плувния спорт. Изследването на един, единствен показател не е достатъчен за оптимизиране на тренировката. Затова целта е да се изследват тези фактори, които най-много допринасят за подобряване на спортните постижения на плувците.

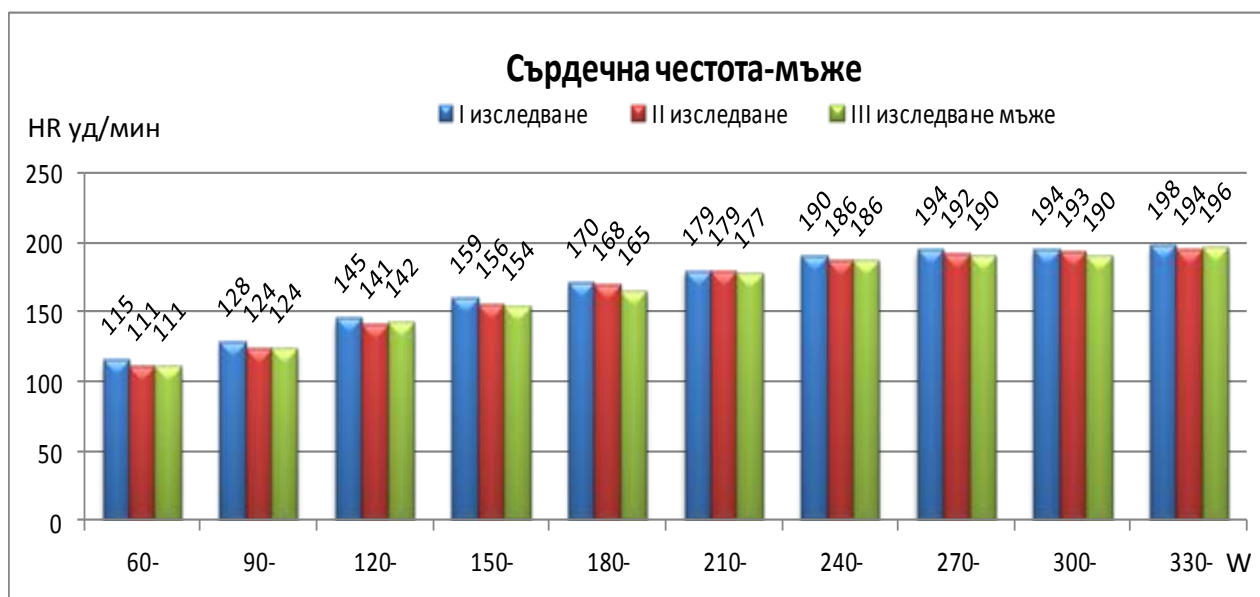
Максимална консумация на кислород, трябва да бъде цел още в началото на плувната кариера, в съответствие с периодите на развитие. За да се разработва и усъвършенства  $\text{VO}_2\text{max}$ , е необходимо правилно да се организира и приложи подходяща тренировка за издръжливост, с цел постигане на адаптивни промени в организма (Jorgić B., 2011).

$\text{VO}_2\text{max}$  е един от най-важните комплексни показатели за адаптацията на организма към физическото натоварване, който предоставя информация за капацитета на дългосрочната система за доставка на енергия. Достигането на висока  $\text{VO}_2\text{max}$  изисква тясната интеграция на дихателната, сърдечно-съдовата и нервно-мускулната функции. Това определя фундаменталното значение на измерването на  $\text{VO}_2\text{max}$  в спортната практика.

#### **14.1.3. Динамика на сърдечната честота - мъже и жени**

Промените на сърдечната честота дават информация за реакциите на сърдечно-съдовата система, нейното функционално състояние и адаптацията на организма към физическо натоварване. Промените в този показател имат важно значение за снабдяването с кислород на работещите

мускули по време на натоварване, защото минутния сърдечен обем до голяма степен се определя от нарастването на сърдечната честота.

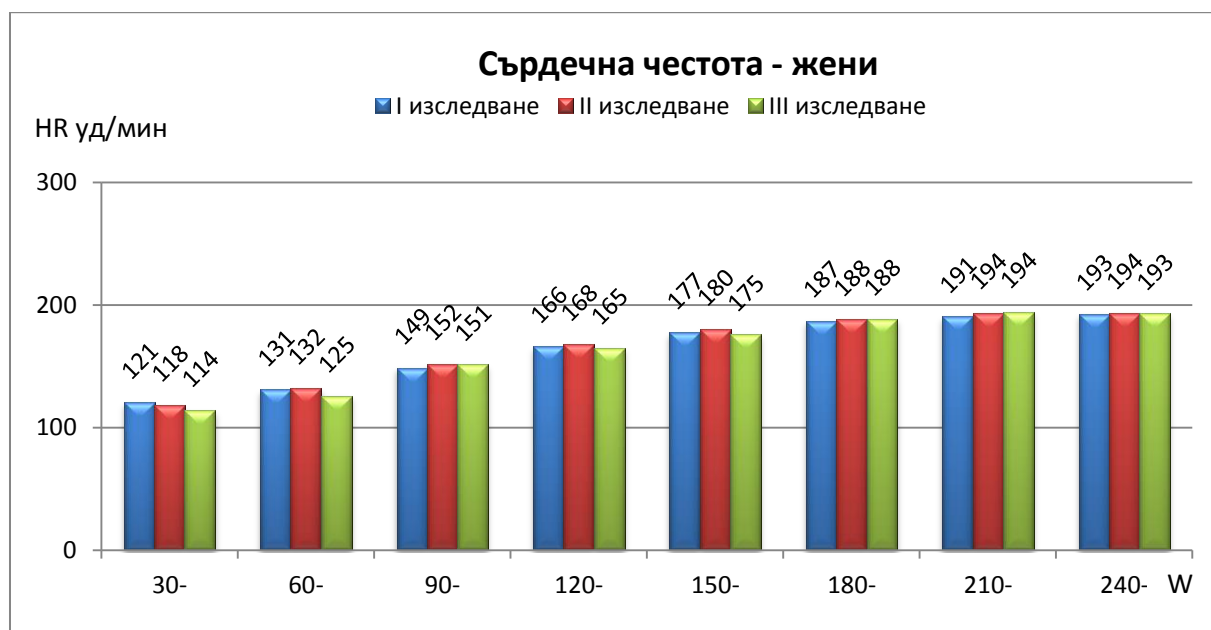


**Фиг. 5** Динамика на сърдечната честота при мъже

Връзката между интензивността на натоварването и промените в сърдечната честота при мъже се илюстрира на фигура 5. На абсцисата са нанесени мощностите на натоварване (W), а на ординатата стойностите на сърдечната честота (уд./мин.). И при трите изследвания с покачване интензивността на натоварването се наблюдава увеличение на сърдечната честота, поради нарастване нуждите от кислород на мускулите. Прави впечатление, че при натоварване в интервал 60 W - 120 W, сърдечната честота варира от 111 уд./мин. до 145 уд./мин., което отговаря на зоната на неограничена адаптация. В тази зона енергоосигуряването е аеробно и кардиореспираторната система задоволява нуждите от кислород на организма. За големия спорт тази зона не представлява интерес, тъй като напрежението на кардиореспираторната система за осигуряване на необходимия кислород не е голямо и не би имало съществен тренировъчен ефект за увеличаване на аеробния капацитет на организма. При по-висока интензивност на натоварването, от 150 W - 210 W стойностите на сърдечната честота са между 154 уд./мин. – 179 уд./мин., които



съответстват на зоната на ограничена адаптация. При посочените горе мощности на интензивност (150 W-210 W) адаптирането към физическото натоварване изисква значително напрежение на системите за транспорт на кислорода. След 210 W до 330 W сърдечната честота достига стойности от порядъка на 198 уд./мин., което отговаря на зоната на недостатъчна адаптация, където се достига пределът на всички показатели.

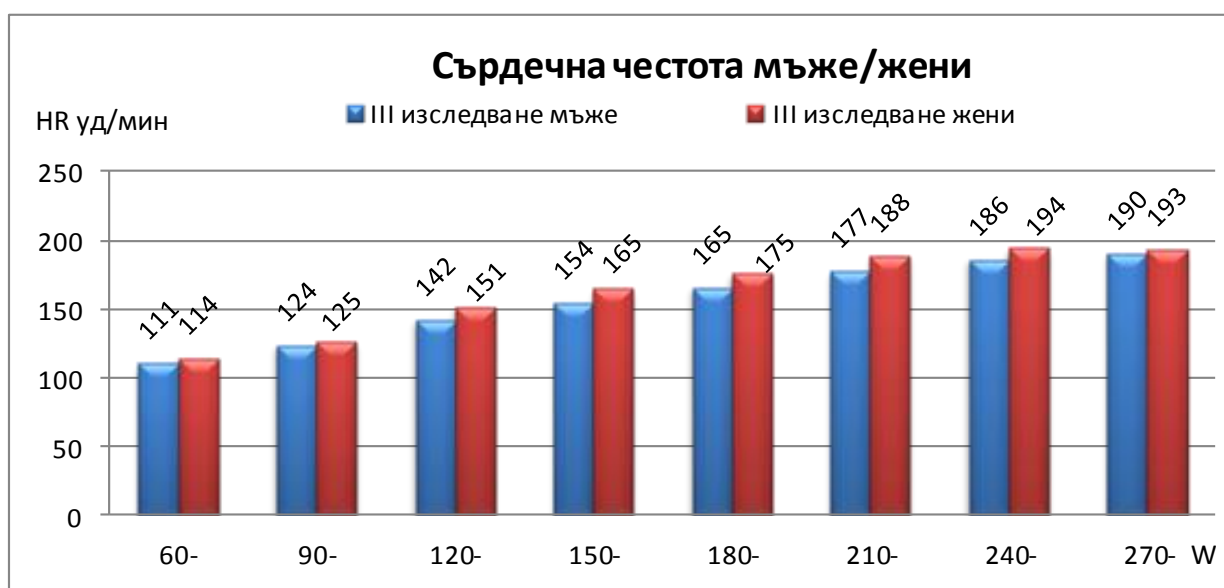


**Фиг. 6** Динамика на сърдечната честота при жени

Зависимостта между интензивността на натоварването и промените в сърдечната честота при жени са демонстрирани на фигура 6. На абсцисата са нанесени мощността на натоварването (W), а на ординатата стойностите на сърдечната честота (уд./мин.). Наблюдава се покачване на сърдечната честота по време на трите изследвания, което е свързано с увеличаващите се нужди от кислород. В началните етапи на натоварване от 30 W до 60 W сърдечната честота варира между 114 уд./мин- 132 уд./мин., което кореспондира със зоната на неограничена адаптация на организма. С покачване на натоварването от 90 W до 150 W стойностите на сърдечната честота са между 149 и 180 уд./мин., което отговаря на горната граница на зоната на ограничена адаптация. Покачването на

интензивността над 180 W предизвиква достигане на сърдечна честота от 194 уд./мин. и преминава в зоната на недостатъчна адаптация.

Динамиката на сърдечната честота при нарастващи степени на натоварване на фиг. 6 следват тенденцията на адаптация на организма към високи натоварвания от тренировъчен характер.



Фиг. 7 Динамика на сърдечната честота при мъже и жени

Динамиката в сърдечната честота при третото изследване на мъже (сини стълбчета) и жени (червени стълбчета) е представена на фигура 7. Заключение от анализа на данните е, че при една и съща интензивност на натоварване, сърдечната честота при мъжете е по-ниска в сравнение с тази на жените. Особено характерна е приликата в стойностите на сърдечната честота при натоварване от 270W, където за мъжете пулсът е 190 уд./мин., а за жените е 193 уд./мин.

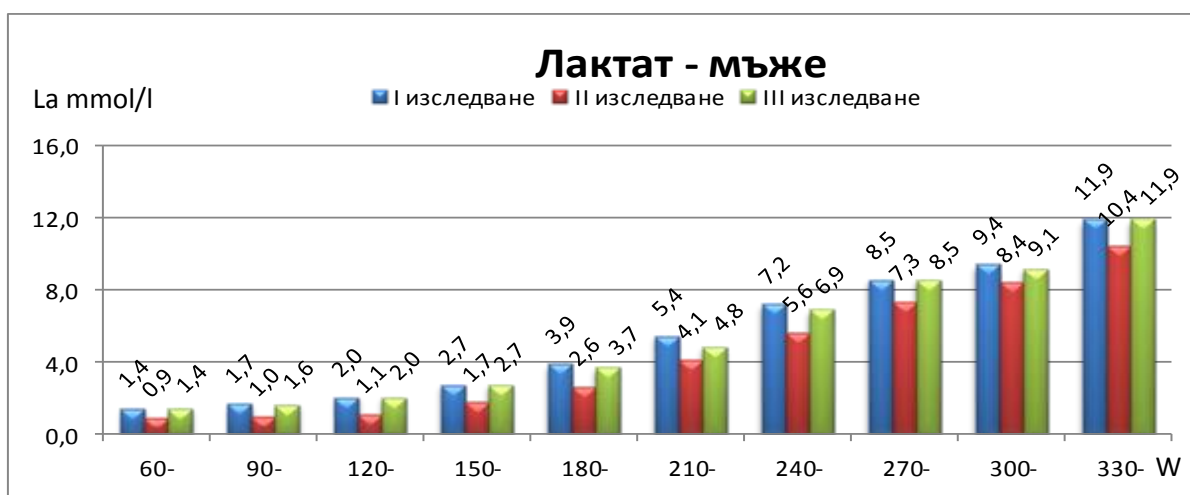
В проведените от нас изследвания не се наблюдават съществени разлики между двата пола по отношение на средните стойности на HRmax (фиг.1 и 2). Изследванията в тази насока показват, че HRmax не се променя под влияние на тренировката и максималната сърдечна честота средно е около 195 удара в минута.

Мониторирането на сърдечната честота дава възможност тренировъчният процес да се осъществява при препоръчана интензивност за подобряване на аеробната издръжливост, която е 65-90% от максималната сърдечна честота (Pollock M.L., и съавт., 1998).

Настоящото изследване доказва, че сърдечната честота е важен индикатор за интензивността на натоварването и мониторирането ѝ в покой и по време на натоварване може да се използва като показател за тренираност.

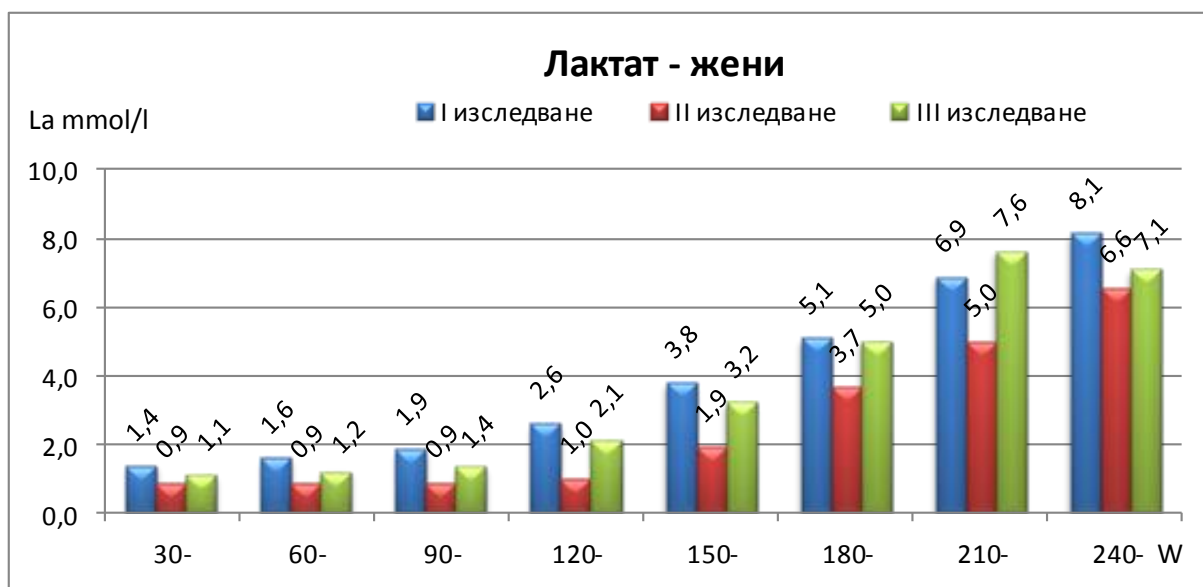
#### **14.1.4. Промени в плазмената концентрация на лактат и лактатен праг - мъже и жени**

Определянето на анаеробния праг чрез измерването на плазмената лактатна концентрация се счита за „златен стандарт“, даващ ценна информация за преминаването към приоритетно анаеробна енергодоставка. Дефинирането на анаеробния праг чрез използване на концентрацията на лактат в кръвта идентифицира най-високия интензитет на натоварване, при който все още се извършва резинтеза на АТФ чрез аеробния метаболизъм. При максимални стъпаловидни натоварвания до отказ анаеробния праг се определя от интензивността на натоварването, при която концентрацията на лактат в периферната кръв достига приблизително 4 mmol/l. Въпреки, че се касае за една осреднена стойност, не винаги отговаряща на точната мощност при която се преминава към енергопродукция без участие на кислород, много автори все още я използват като метод за оценка.



**Фиг. 8** Динамика в стойностите на лактат – мъже

Динамиката на лактата при три изследвания на състезатели-мъже е показана на фигура 8. На абсцисата са нанесени мощностите на натоварване (W), а на ординатата лактатните концентрации в mmol/l. И при трите изследвания в границите на интензивност от 60 W до 150 W, плазмените концентрации на лактата се поддържат в референтни граници. При първото изследване (сини стълбчета) анаеробният праг (около 4 mmol/l) се достига при интензивност на натоварване 180 W, което отговаря на 70% от средната максимална ергометрична работоспособност  $W_{max}$  (260 W). Ясно личи от второто изследване (червени стълбчета), че има изместване на анаеробния праг към по-висока мощност на натоварване (210 W), която отговаря на 78% от  $W_{max}$  (270 W). При третото изследване (зелени стълбчета) не се установява изместване на анаеробния праг. Отказ се констатира на 330 W и при трите изследвания, където лактатните концентрации варират между 10,4 mmol/l и 11,9 mmol/l.

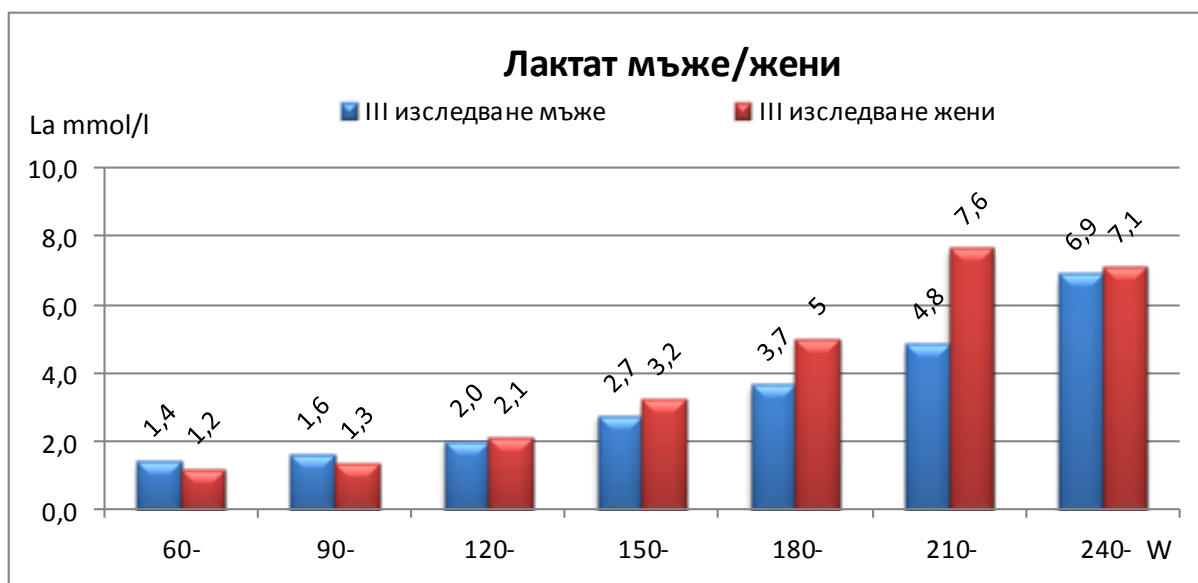


**Фиг. 9** Динамика в стойностите на лактат – жени

Фигура 9 отразява динамиката на плазмената лактатна концентрация при трите проведени изследвания на жени. Мощностите на натоварване са нанесени на абсцисата, а лактатните концентрации на ординатата. Референтните стойности на лактата и при трите изследвания се поддържат в интервал от 30 W до 120 W мощност.

Анаеробният праг при първото изследване (сини стълбчета) се достига при 150 W, съответстваща на 74% от средната максимална ергометрична работоспособност (203W). При второто изследване (червени стълбчета) отново се наблюдава изместване на анаеробния праг към по-висока мощност на натоварване (180 W) или 85% от  $W_{max}$  (213 W). Не се установява изместване на анаеробния праг при третото изследване (зелени стълбчета). На ниво 240 W и при трите изследвания се наблюдава отказ, като концентрациите на лактата са в границите от 6,6 mmol/l до 8,1 mmol/l.

Динамиката в концентрациите на лактата на фиг.9 е полезна за установяване на тенденцията на натоварване. При по-високите степени се наблюдава понижаване на стойността на лактата, което е съществено за подобряване на тренировъчните и състезателни възможности на спортистите.



**Фиг. 10** Сравнителна динамика на стойностите на лактата за мъже и жени

На фиг. 10 са показани графично лактатните стойности при третото изследване за сравняване на биохимичните проби за мъжете и жените при идентично натоварване.

Резултатите от сравнителния анализ на лактатните концентрации на мъже (сини стълбчета) и жени (червени стълбчета) при третото изследване са обобщени на фигура 10. Ясно личи, че анаеробният праг се достига при по-ниска интензивност на натоварване при жените (180 W), в сравнение с мъжете (210 W). Наблюдава се стръмно нарастване на стойностите на лактата при жените (4,8 mmol/l за мъжете и 7,6 mmol/l при жените за степента 210 W), но за тях максимална интензивност на натоварване е 240W, докато при мъжете максималната интензивност е 330 W (фиг.8).

Нашето проучване установи, че в резултат на тренировъчния процес, както при мъжете, така и при жените анаеробният праг се увеличава при второто изследване спрямо първото. Влиянието на тренировката по плуване върху анаеробния праг се изразява в дясното преместване (към по-висока мощност) на кривата лактат-мощност, което показва подобрене в аеробния капацитет (Soultanakis H.N. и съавт., 2012; Pyne D.B. и съавт., 2001).

При спортове за издръжливост (плуване, бягане, колоездене) се предполага, че анаеробния праг може да бъде по-добър индикатор за аеробна издръжливост от  $\text{VO}_2\text{max}$ , тъй като той може да се променя без да настъпват промени в  $\text{VO}_2\text{max}$  (Allen W.K. и съавт., 1985; Bishop D. и съавт., 1998).

Настоящото проучване подчертава важността и ролята на анаеробния праг при спортовете за издръжливост. Той е важен параметър за определяне интензивността на натоварванията, има индивидуална вариабилност и нараства с тренираността.

## **14.2. Корелационен анализ**

Степените на натоварване са отбелязани с индекс I, II, III, които съответстват на първо, второ и трето изследване във времевия период на изследването.

- Наблюдават се междугрупови корелационни зависимости, изявени като отрицателни (обратно пропорционални) между стъпало 60 I и  $\text{VO}_2\text{max}$ , между 90 I и  $\text{VO}_2\text{max}$  и между 120 I и  $\text{VO}_2\text{max}$ .
- Налице е отрицателна корелационна зависимост между първите две нива на натоварване и кислородната консумация при състезателите мъже.
- При мъжете и при трите изследвания се установяват голям брой значими вътрешногрупови корелационни зависимости свързани със стойността на лактата.
- Наблюдава се тенденция на нарастване стойността на корелационните коефициенти от междугрупов характер между сърдечната честота и лактата при мъже.
- Установените корелационни зависимости при състезателите жени запазват характера си, като се наблюдават значими връзки от вътрешногрупов характер отнасящи се за показателите на лактата.

- При състезателите мъже преобладават вътрешногруповите корелационни връзки характерни при наличие на идентични по предназначение показатели.
- При състезателите жени са налице много малко на брой значими корелации, в сравнение със състезателите мъже, където са установени твърди закономерности, съпътстващи спортното натоварване.

Извършеният корелационен анализ задълбочава нашата информация, тъй като разкрива взаимозависимостите между отделните показатели.



## 15. Заключение

Установена е статистически значима разлика по отношение на физиологичните, биохимичните и антропометрични показатели при мъже и жени плувци, във възрастова група 13-18 години, трикратно изследвани в края на всеки макроцикъл от подготвителния период.

Прирастът на изследваните параметри самостоятелно и комплексно може да послужи за оптимизиране на тренировъчния процес в плувния спорт.

## 16. Изводи

1. Постигнато е значително нарастване на относителната максимална кислородна консумация както при мъже, така и при жени, което доказва ефективността на тренировъчния процес.
2. Установеният прираст в стойностите на относителната максимална кислородна консумация в изследваната възрастова група може да бъде обяснена с проведената спортна подготовка.
3. Наблюдава се изместване на анаеробния праг към по-висока интензивност на натоварването, както при мъжете, така и при жените, което е резултат от правилното провеждане на тренировъчната програма.
4. Стойностите на максималната сърдечна честота при мъжете и жените са сходни, но се достигат при различна интензивност на натоварването.
5. Увеличението на кислородния пулс и при двата пола е индикатор за адаптацията на сърцето при тренировъчния процес.
6. Прирастът на антропометричните показатели е свързан най-вече с растежа на младите плувци.

## 17. Приноси

1. Получените резултати допринасят за изясняване на корелацията между аеробния капацитет и тренировъчния процес.
2. Проследяването на анаеробния праг по време на тренировъчния процес дава възможност за повишаване ефективността на спортната подготовка.
3. Резултатите от проведените изследвания допринасят за изясняване на връзката между изследваните физиологични, биохимични и антропометрични параметри и оптимизирането на тренировъчния процес в плувния спорт.
4. Динамиката на изследваните показатели дава възможност за пълноценно управление на тренираността и адаптационните процеси.
5. Изследваните показатели могат да се използват за планиране и контролиране на тренировъчните програми.

## 18. Препоръки

В резултат на направените анализи и изводи стигнахме до заключението, че изследването на физиологичните, биохимичните и антропометрични показатели имат приложно и практическо значение за планиране, управление и контрол на тренировъчния процес.

1. Препоръчваме на треньорите да организират контрол на физиологичните показатели в края на отделните макроцикли.
2. Необходимо е периодично обсъждане на функционалния статус на спортистите със специалисти от други направления.

## **19. Публикации, свързани с дисертационния труд**

1. Алексиева Д., Каменов, Л., Михайлов, В. Изследване на лактатен праг при плувци в подготвителен период. Спорт и наука, брой 2/2017
2. Алексиева Д. Максималната кислородна консумация – важен показател в тренировъчния процес при плувци. Спорт и наука, брой 3/2017
3. Stefanov L., Ivanov, K. I., Aleksieva, D. Relationship between the mechanical effectiveness of pedaling and the cycle ergometer saddle height. Journal of Applied Sports Sciences, Vol.2, December 2017

### *Благодарности*

*Бих искала да изкажа благодарност на моя научен ръководител доц. д-р Велизар Михайлов, за неговото експертно ръководство, професионална компетентност, конструктивната критика и търпение. Благодаря за предоставения ми от него шанс и доверие.*

*Специални благодарности на доц. Лазар Каменов за оказаната подкрепа и съдействие при провеждане на изследванията, без които този труд не би бил възможен.*

*Сърдечни благодарности на д-р Красимир Ранков за помощта и коментарите, които направи върху текста на дисертацията и разбира се за приятелската подкрепа.*

*Благодаря и на своите колеги от катедра „Физиология и биохимия“, които ми помагаха, съветваха и подкрепяха.*

*Издавам благодарност и признателност на моята майка и семейството си, чиято помощ никога не ми е липсвала.*