

НАЦИОНАЛНА СПОРТНА АКАДЕМИЯ „ВАСИЛ ЛЕВСКИ“  
ФАКУЛТЕТ: „ОБЩЕСТВЕНО ЗДРАВЕ, ЗДРАВНИ ГРИЖИ И  
ТУРИЗЪМ“  
КАТЕДРА: „ВОДНИ СПОРТОВЕ“

---



# **АВТОРЕФЕРАТ**

**МИХАИЛ ТОШЕВ КАЧАУНОВ**

**КОМПЛЕКСНА ОЦЕНКА НА АНАЕРОБНАТА  
РАБОТОСПОСОБНОСТ ПРИ 13-18 ГОДИШНИ  
ПЛУВЦИ**

**София, 2020**

НАЦИОНАЛНА СПОРТНА АКАДЕМИЯ „ВАСИЛ ЛЕВСКИ“  
ФАКУЛТЕТ: „ОБЩЕСТВЕНО ЗДРАВЕ, ЗДРАВНИ ГРИЖИ И  
ТУРИЗЪМ“  
КАТЕДРА: „ВОДНИ СПОРТОВЕ“

---

МИХАИЛ ТОШЕВ КАЧАУНОВ

КОМПЛЕКСНА ОЦЕНКА НА АНАЕРОБНАТА  
РАБОТОСПОСОБНОСТ ПРИ 13-18 ГОДИШНИ  
ПЛУВЦИ

## АВТОРЕФЕРАТ

на дисертационен труд  
за придобиване на образователна и научна степен  
„доктор“

в област на висшето образование 7. Здравеопазване и спорт,  
професионално направление 7.6. Спорт,  
докторска програма Теория и методология на спортната наука

Научен ръководител:

доц. д-р Любомир Петров, доктор

Рецензенти:

Проф. Николай Кирилов Изов, доктор

Проф. Доротеа Георгиева Стефанова, ДН

София, 2020

Дисертационния труд е обсъден и насрочен за публична защита от разширен научен колегиум на катедра „Водни Спортове“ към факултет „Обществено здраве, здравни грижи и туризъм“ на НСА „Васил Левски“ – София, състоял се на 27.05.2020 г.

Дисертационния труд се състои от четири глави. Съдържа 162 страници, 210 броя цитирани литературни източници, 35 фигури, 32 таблици и 13 приложения.

Публичната защита на дисертационния труд ще се състои на 17.09.2020 г. от 11.30 часа в заседателната зала в НСА „Васил Левски“ – Студентски град.

# 1 УВОД

Целта на всеки спортист и треньор е достигането на върхов спортен резултат. Той би могъл да бъде постигнат само при наличието на добре построен и правилно управляван тренировъчен процес. За да бъде ефективно управлението е необходимо получаването на надеждна информация за промените, настъпващи в управляваната система – плувеца, своевременното ѝ предаване към управляващата система – треньора и осъществяването на обратна връзка, насочена към оптимизация на тренировката. В това се състои контролът на тренировъчния процес, които се фокусира върху информация, обективизираща ефекта от тренировъчното натоварване по отношение на онези фактори, които имат най-съществено значение за спортния резултат в определен спорт и дисциплина. Определянето на значимостта и избора на подходящи методи за оценка на тези фактори има решаващо значение за ефективността на контрола в спорта. При цикличните спортове, и в частност в плуването, основни предпоставки за спортните постижения са мощността на извършената работа, и техническата ефективност. Извършената работа в най-голяма степен зависи от състоянието на системите за енергоосигуряване. Следователно контролът в плуването трябва да бъде насочен основно към оценка и оптимизиране на мощността на енергообезпечаващите системи и плувната техника.

Състоянието на системите за енергообезпечаване се оценява с помощта на различни неспецифични и специфични методи. Изборът на конкретни методи и средства за контрол зависи от спецификата на основната дисциплина и етапа на подготовка. Така например, при средните и дългите дисциплини в плуването, които се характеризират със значително участие на аеробните процеси в общото енергоосигуряване в края на основно-подготвителния период, се прилага система от специфични и неспецифични тестове за оценка на аеробната работоспособност. В дългогодишна практика в плувния спорт в България, основният неспецифичен лабораторен тест, който се използва при контрола на функционалното състояние на аеробната система в този период, е максимално стъпаловидно натоварване до отказ на велоергометър. Този тест се провежда в рамките на така наречените „комплексни функционални изследвания“, като крайната оценка се прави на базата на максималната достигната механична мощност и различни физиологични и биохимични

показатели, определени по време и на натоварването и възстановителния период. Най-важните от тях, които имат приложение в практиката са максималната кислородна консумация (МКК), аеробният и анаеробният праг, чрез които се определят параметрите на тренировъчните зони.

Спринтовите дисциплини в плуването от друга страна се характеризират със значително участие на анаеробните системи за енергообезпечаване. Съответно, постиженията в тези дисциплини до голяма степен се определят от анаеробната работоспособност на плувците. Следователно, характеристиките на двете системи за анаеробно енергообезпечаване (анаеробна-алактатна и анаеробна-лактатна), които определят анаеробната работоспособност играят важна роля в контрола на тренировъчните натоварвания при спринтовите дисциплини.

Характерът на максималния аеробен стъпаловиден тест и основните му показатели позволяват да се направи само частична оценка на състоянието на анаеробната-лактатна система за енергообезпечаване. Обективно оценяване на системите за анаеробно енергоосигуряване може да се направи на базата на основни показатели при едно или няколко краткотрайни натоварвания с максимална интензивност: максимална мощност и време за нейното достигане, тотален анаеробен енергиен капацитет и характеристики на процесите на умора, настъпваща в хода на максимални анаеробни натоварвания.

Съществуват различни специфични и неспецифични методи за оценка на параметрите на анаеробната работоспособност, които могат да бъдат изпълнявани в теренни (във вода) или в лабораторни условия. В плувния спорт специфичните тестове използват характерни за плувните дисциплини натоварвания, докато неспецифичните методи използват различни уреди за натоварване, характерни за други видове спортна дейност: велоергометри, гребни ергометри, бягащи пътеки и др.

Наличието на съответната модерна апаратура в националния център по спортна медицина, даде възможност да се провеждат специфични и неспецифични анаеробни тестове на плувци в лабораторни условия. Така на практиката на най-добрите родни състезатели, през последните четири години, започнаха регулярно да се провеждат неспецифичния анаеробен тест „Уингейт“ за горната и за долната част на тялото и специфичен тест на изокинетичен плувен тренажор “Biometer Isokinetic Trainer”.

В литературата има много примери за приложение на отделни анаеробните тестове за целите на контрола в плуването, като съществуват различни мнения относно въпроса кои от тях са по-информативни и приложими в практиката. Интерес представлява възможността за съставяне на комплексна оценка на анаеробната работоспособност на базата на определени показатели, получени от различни анаеробни лабораторни тестове. На базата на тази оценка би могло да се изгради научно обоснован индивидуален подход за оптимизиране на тренировъчния процес при отделни състезатели в спринтовите дисциплини.

## **Работна хипотеза, цел, задачи и методика на изследването**

### **Работна хипотеза**

Комплексната оценка на анаеробната работоспособност, основана на резултатите от подходяща комбинация от анаеробни тестове, ще даде научно обосновани насоки за оптимизиране на тренировъчния процес при отделни състезатели в спринтовите дисциплини в свободния стил.

**Целта** на изследването беше да се направи комплексна оценка на анаеробната работоспособност при 13-18 годишни плувци, чрез специфични и неспецифични тестове, в лабораторни условия, и да се изведат научнообосновани насоки за оптимизиране на тренировъчния процес в спринтовите дисциплини в плуването.

### **Задачи:**

1. Изследване на анаеробната работоспособност на долната част на тялото, чрез неспецифични лабораторни методи при група квалифицирани 13 18 годишни плувци.
2. Изследване на анаеробната работоспособност на горната част на тялото, чрез неспецифични лабораторни методи при група квалифицирани 13 18 годишни плувци.
3. Изследване на анаеробната работоспособност на горната част на тялото, чрез специфични лабораторни методи при група квалифицирани 13 18 годишни плувци.
4. Определяне на антропометричните характеристики на изследвания контингент.
5. Определяне на спринтовите способности на изследвания контингент на база на актуални състезателни резултати.
6. Анализ на взаимовръзката между антропометричните характеристики, параметрите на анаеробната работоспособност и плувните резултати чрез подходящи статистически методи.

7. Извеждане на методи за комплексна оценка на анаеробната работоспособност при плувци.
8. Извеждане на научно обосновани насоки за оптимизиране на тренировъчния процес в спринтовите дисциплини на базата на комплексна оценка на анаеробната работоспособност.

## 2 МЕТОДИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ

**Предмет на изследването** е анаеробната работоспособност при състезатели по плуване.

**Обект на изследването** е комплексната оценка на анаеробната работоспособност при висококвалифицирани плувци.

**Контингент на изследването** са 98 (40 девойки и 58 юноши) състезатели по плуване, на възраст 13-18 години, картотекирани в българска федерация плувни спортове (БФПС) към момента на изследването. Една част от тях са включени в младежкия националния отбор по плуване на България и вземат участие в най-значимите състезания за тази възраст (Европейско първенство за юноши; Световно първенство за юноши; Олимпийски игри за младежи). Другата част са перспективни състезатели, покрили нормативите на БФПС за участие в националния отбор и влизат в състава на отборите на олимпийските центрове в България (София, Пловдив, Варна и Бургас) и вземат участие в държавни шампионати, международни турнири и Балкански игри. Всички участници имат стартове на основни състезания в дисциплината 50 m свободен стил, а част от плувците и в дисциплините 100 и 200 m свободен стил. Плувците в тази възраст, все още не са тясно специализирани, и една част от тях успешно се състезават и в други плувни дисциплини.

**Организация:** изследването беше проведено в рамките на 2 години, в периода от началото на 2017 до края 2018 г. В този период, всички участници бяха включени в единна тренировъчна програма, утвърдена за националния отбор по плуване. Плувците бяха тествани по време на периодично провежданите тестови лагери в края на специално подготвителните етапи на подготовката, близко до датите на основните състезания.

В деня на провеждане на анаеробния тест, при всички участници бяха регистрирани ръста [cm] с точност 1 cm и телесно тегло [kg] с точност 0,1 kg. Антропометричните измервания бяха извършени от специалист по стандартна методика приета и прилагана в национален център по спортна медицина – „Дианабад“.

Бяха проведени са следните анаеробни тестове:

1. Анаеробен тест „Уингейт“ – неспецифичен тест за анаеробна работоспособност на долната част на тялото. С този тест бяха изследвани, 36 девойки и 50 юноши от вече описания контингент.
2. Анаеробен тест „Уингейт“ – неспецифичен тест за анаеробна работоспособност на горната част на тялото. С този тест бяха изследвани, 15 девойки и 37 юноши от вече описания контингент.
3. Анаеробен тест на изокинетичен тренажор - специфичен лабораторен анаеробен тест за горната част на тялото. С този тест бяха изследвани, 9 девойки и 20 юноши от вече описания контингент.
4. Резултатите постигнати в дисциплините 50 m свободен стил, по време на основните състезания, най-близки и проведени не по-късно от 2 седмици след датата на провеждането на лабораторните тестове, бяха приети като резултати от специфичен анаеробен тест. Постиженията в дисциплините 100 и 200 m свободен стил, на част от изследваните лица бяха използвани за целите на някои от проведените анализи в този дисертационен труд. Бяха изчислени точковите оценки на плувните постижения по международната федерация ФИНА (FINA Fédération Internationale de Natation). Формулата за изчисление се базира на световния рекорд в дадена дисциплина, който се приема за 1000 точки. Точковите оценки бяха използвани за сравняване на резултатите постигнати в различни дисциплини и между двата пола.

Голяма част от състезателите бяха тествани в повече от един тест поради което сумата на изследваните лица от отделните тестове надхвърля общия брой контингента.

Анаеробните тестове бяха проведени, в първата половина на деня, в лабораторни условия, в базата на Национален център по спортна медицина – „Дианабад“, дирекция „Научно-приложна дейност в спорта“ (гр. София ж.к. Дианабад), към министерството на Младежта и спорта. Състезателите участваха в не повече от 1 функционален тест, в рамките на един ден.

### ***Анаеробен тест „Уингейт“ за долната част на тялото***

Анаеробният тест „Уингейт“ за долната част на тялото беше проведен на специализиран за анаеробни тестове, механичен велоергометър „Monark“ модел 894Е, Швеция. При този модел велоергометър, педалите задвижват маховик с помощта на верижна предавка. За един оборот на педалите една точка от периферията на маховика изминава разстояние от 6 m. Съпротивлението е следствие от триенето между маховика и износоустойчив колан, теглен от носач с маса 1 kg, който може да бъде натоварван с различен брой допълнителни тежести от 1 kg; 0,5 kg; 0,1 kg. Моделът 894Е има двоен носач за поставяне на по-голям брой тежести в сравнение със стандартните модели. Носачът може да бъде спускан ръчно или автоматично, след достигне определени обороти. Велоергометърът



може да отчита скоростта на педалиране с точност 1/6 от оборота. Извършената работа за един оборот на педалите се изчислява по формулата:

$$A = S \cdot g \cdot R$$

,където  $A$  [J] е извършената работа за един оборот;  $S$  [m] е разстоянието, което една точка от периферията на маховика изминава за един оборот на педалите - 6 m;  $g$  е земното ускорение  $\approx 9,81 \text{ m/s}^2$ ;  $R$  [kg] е масата на носача заедно с поставените тежести.

Мощността на работа в рамките на един оборот  $P$  [W] се изчислява, като извършената работа за съответния оборот -  $A$  [J] се раздели на времето за осъществяване на този оборот -  $t$  [s].

Тъй като при анаеробните тестове се работи с постоянно променяща се скорост на въртене на маховика, за коректното изчисляване на извършената работа и механичната мощност се отчита и промяната в кинетичната енергия на маховика, пропорционална на промяната в ъгловата му скорост и инерционният му момент, който по данни на производителя е равен на  $0.91 \text{ kg.m}^2$ .

Анаеробният тест Уингейт с механичен велоергометър Монарк 894Е се извършва с помощта на специализиран софтуер (Monark anaerobic test software) на фирмата производител. Първоначално, софтуерът изисква въвеждането на данни за изследваното лице и за предвиденото натоварване

При провеждането на анаеробния тест Уингейт за долната част на тялото беше спазван следния протокол (Inbar et al., 1996):

**Подготвителна част** (разгриване): Ниско интензивно педалиране с продължителност 3 min, при ниско съпротивление от 1 kg (теглото на носача), при 60 об/мин. В края на 1-ва и 2-ра мин се изпълняваха спринтове с максимални обороти и продължителност 5 сек. Следва пасивна почивка с продължителност 3 min.

**Основна част:** Педалиране и постепенно ускорение до максимални обороти в продължение на 10 сек, последвано от тестово натоварване с максимална интензивност при зададено съпротивление, равно на 7,5% от телесното тегло, с продължителност 30 секунди.

**Заклучителна част:** Равномерна работа без съпротивление с продължителност 2 min, с цел поддържане работата на мускулната помпа и предотвратяване появата на патологични ортостатични реакции.

Софтуерът автоматично изчисляваше множество основни и производни параметри, като в настоящото изследване, както и в повечето други научни изследвания (вж. литературния обзор), бяха използвани следните от тях:

**Максимална мощност** - максималната реализирана мощност по време на теста: Абсолютна максимална мощност (Peak Power) - **PP [W]**; Относителна максимална мощност (Relative Peak Power) - **RPP [W/kg]**;

**Средна мощност** - получава се като общо реализираната работа по време на теста (J) се раздели на продължителността на теста (s): Абсолютна средна мощност (Average Power) - **AP [W]**; Относителна средна мощност (Relative Average Power) - **RAP [W/kg]**;

**Минимална мощност** - най-ниските стойности на мощността реализирани по време на теста: Абсолютна минимална мощност (Minimum Power) - **MP [W]**; Относителна минимална мощност (Relative Minimum Power) - **RMP [W/kg]**;

**Спад на мощността** - представлява разликата между максималната и минималната реализирана мощност: Абсолютен спад в мощността (Power Drop) – **PD [W]**; Относителен спад в мощността (Relative Power Drop) – **RPD [W/kg]**; Индекс на умората (Power Drop) – **PD [%]**;

**Извършена работа:** Обща работа (Total work) – **TW [J]**;

#### ***Анаеробен тест „Уингейт“ за горната част на тялото***

Анаеробният тест „Уингейт“ за горната част на тялото също беше проведен на специализиран механичен велоергометър Monark 894E, приспособен за ръчна ергометрия. Велоергометърът беше монтиран на специално изработена за целта конструкция. Към нея беше свързан удобен въртящ се стол за изследваното лице. На мястото на педалите бяха монтирани специално конструирани ръкохватки. Беше използван протокол близък до прилагания при анаеробния тест за долната част на тялото (Inbar et al. 1996) При този тест бяха отчетени същите показатели, описани при анаеробния Уингейт тест за долната част на тялото.

#### ***Анаеробен тест на изокинетичен тренажор:***

Специфичният лабораторен анаеробен тест на изокинетичен тренажор беше проведен с помощта на плувния изокинетичен тренажор „Biometer Isokinetic Trainer“, Otto Otto GmdH, division Swimsportec, Germany. Тренажорът Biometer Isokinetic Trainer измерва приложената от плувец сила в диапазона от 0 до 500 N, с помощта на датчик с много висока точност. Натоварването и скоростта на загребване се регулират в 9 степени (от 1 до 9). Ниво 1 отговаря на работа с високо съпротивление и ниска скорост, като плавно преминава през 2, 3 и 4 към ниво 5, което отговаря на работа със средно съпротивление и средна скорост и през 6, 7 и 8 към ниво 9, което отговаря на работа с ниско съпротивление и висока скорост. За да бъде коректно изброяването на циклите и измерването на извършената работа е необходимо да се зададе вида на загребванията според стила на плуване: За

кроул и гръб - последователни загребвания; За бруст и делфин - едновременно загребвания;

При провеждането на специфичния анаеробен тест на изокинетичен тренажор за горната част на тялото беше спазван следния протокол:

**Подготвителна част (разгриване)** – 3 min равномерна работа с движения, имитиращи загребванията на ръцете в стил кроул. Степента на натоварване беше установена на ниво „6“, което осигуряваше малко съпротивление при ниска честота на загребване. В края на 1-ва и 2-ра min бяха извършвани по 6 загребвания с максимална възможна честота. Следва възстановителен период: 3 min пасивна почивка.

**Същинска част:** За 30 s се изпълняват загребни движения в стил кроул с максимално усилие и честота, при зададена степен на тренажора - „4“.

Софтуерно бяха изчислени основните и производните параметри на загребването, като в настоящото изследване бяха използвани следните:

**Честота на загребване (Stroke Rate per minute) StrR [spm]** – честота на циклите на загребване на ръцете за една минути.

**Средна дължина на загребване (Average Stroke Length) StrL [m]** – средна дължина на загребването с едната ръка;

**Средна сила на загребване (Average Force) AF [N]** - средна сила на теглене на въжето при имитационните загребванията по време на теста;

Освен посочените показатели софтуерът може да покаже графично кривата на силата или на скоростта на загребване, както и времето за изпълнение на загребването.

Допълнително бяха изведени параметрите за извършена работа и развита мощност по време на теста:

**Обща извършена работа (Total Work) TW [J]** - обща извършена механична работа за 30-те секунди по време на теста;

**Средна мощност (Average Power) AP [W]** - средна механична мощност развита по време на теста, изчислена по следната формула  $AP = TW / 30 \text{ s}$ ;

**Относителна средна мощност (Relative Average power) RAP [W/kg]** – средна механична мощност развита по време на теста за един килограм телесна маса;

**Статистическа обработка на резултатите** беше проведена със статистически пакет SPSS 19, IBM, USA. Беше направен: вариационен, корелационен (вкл. парциална корелация), регресионен анализ (вкл. Множествен стъпков регресионен анализ). За някои тестове бяха изчислени

възрастови персентилни оценки. Средните стойност в текста и таблиците са представени със стандартното им отклонение ( $\text{mean} \pm \text{SD}$ ), а в графиките със стандартната им грешка ( $\text{mean} \pm \text{SE}$ ). Проверката за нормалност на разпределението беше направена с теста на Shapiro-Wilk. Проверката за достоверност на разликите между средните стойности на изследваните параметри с нормално разпределение, при девойките и юношите беше проведена с t-тест на Student за независими извадки, а разликата между тези с разпределение различно от нормалното, с непараметричния U-тест на Mann-Whitney.

### 3 РЕЗУЛТАТИ И АНАЛИЗ

#### Анаеробен тест Уингейт за долната част на тялото

##### *Вариационен анализ*

В Таблица 3.1 са представени резултатите от вариационния анализ на изследваните девойки младша възраст (13-14 години). Показани са: антропометричните показатели, резултатите от анаеробния тест Уингейт за долната част на тялото и плувните постижения. Средния ръст на състезателките беше  $162,7 \pm 5,72$  cm, а средно тегло –  $53,9 \pm 6,31$  kg. И при двата показателя коефициентът на вариация беше малък (3,52% и 11,70% съответно), което показва силна еднородност на групата по отношение на антропометричните данни. Средните стойности на абсолютните показатели от теста Уингейт бяха: максимална мощност (PP) –  $437,3 \pm 63,52$  W, средна мощност (AP) –  $346,3 \pm 52,94$  W, минимална мощност (MP) –  $240,2 \pm 42,6$  W и спад на мощността (PD) –  $197,0 \pm 38,87$  W. Коефициентите на вариация при тези показатели бяха в диапазона от 14,53 до 19,73% (достатъчно еднородни извадки), като най-малък беше за максималната мощност (PP), а най-голям за спада в мощността (PD). Средните стойности на относителните показатели бяха: максимална мощност (RPP) –  $8,14 \pm 0,97$  W/kg, средна мощност (RAP) –  $6,45 \pm 0,84$  W/kg, минимална мощност (RMP)  $4,49 \pm 0,83$  W/kg и спад в мощността (RPD) –  $3,65 \pm 0,56$  W/kg. Коефициентите на вариация при тези показатели варираха между 11,94 и 18,39%, като най-нисък беше този на максималната мощност (RPP), а най-висок този на минималната мощност (RMP). Относителните показатели имаха по-висока еднородност в сравнение с абсолютните. Показателите tPP, PVmax и tVmax имаха голям размах и големи коефициенти на вариация, по-високи от 30% (от 43,62% до 98,23% - нееднородна извадка). Средните стойности на постиженията бяха както следва: на 50 m свободен стил –  $29,21 \pm 0,52$  s, което отговаря на 483 точки по таблицата ФИНА, на 100 m свободен стил –  $63,89 \pm 2,01$  s (486 точки) и на 200 m свободен стил –  $136,93 \pm 3,40$  s (524 точки). Коефициентите на вариация при спортните постижения бяха в рамките от 1,77 до 3,14%, което показва, силна

еднородност на извадката по отношение на спортната квалификация. Повечето показатели имаха нормално разпределение с изключение на ръста,  $tV_{\max}$  и спортното постижение на 100 m свободен стил (Таблица 3.1).

**Таблица 3.1**

*Вариационен анализ на антропометричните показатели, резултатите от анаеробния тест Уингейт за долната част на тялото и плувните постижения на изследваните девойки младша (13-14 години).*

Variables ♀	n	Range	$X_{\min}$	$X_{\max}$	ND	$\bar{x}$	SD	V%
Height [cm]	17	16,0	156,0	172,0	no	<b>162,7</b>	5,72	3,52
Weight [kg]	17	19,5	45,7	65,2	yes	<b>53,9</b>	6,31	11,70
PP [W]	17	204,6	348,2	552,8	yes	<b>437,3</b>	63,52	14,53
RPP [W/kg]	17	2,9	6,6	9,5	yes	<b>8,14</b>	0,97	11,94
AP [W]	17	175,5	265,9	441,4	yes	<b>346,3</b>	52,94	15,29
RAP [W/kg]	17	2,6	5,0	7,6	yes	<b>6,45</b>	0,84	12,97
MP [W]	17	128,6	165,6	294,2	yes	<b>240,2</b>	42,60	17,73
RMP [W/kg]	17	3,0	3,1	6,1	yes	<b>4,49</b>	0,83	18,39
PD [W]	17	135,6	131,0	266,6	yes	<b>197,0</b>	38,87	19,73
RPD [W/kg]	17	2,0	2,5	4,5	yes	<b>3,65</b>	0,56	15,24
PD [%]	17	20,9	33,4	54,3	yes	<b>45,1</b>	6,16	13,68
TW [J]	17	5225,2	7788,4	13013,6	yes	<b>10222,3</b>	1573,37	15,39
50 m [s]	17	1,70	28,32	30,02	yes	<b>29,21</b>	0,52	1,77
100 m [s]	15	6,88	60,37	67,25	no	<b>63,89</b>	2,01	3,14
200 m [s]	13	10,06	132,07	142,13	yes	<b>136,93</b>	3,40	2,48

ND – нормално разпределение

В Таблица 3.2 са представени резултатите от вариационния анализ на изследваните девойки старша възраст (15-17 години). Средния ръст на състезателките беше  $170,5 \pm 5,67$  cm, а средно тегло –  $60,7 \pm 3,66$  kg. И при двата показателя коефициентът на вариация беше малък (3,32% и 6,03% съответно), което показва силна еднородност на групата по отношение на антропометричните данни. Средните стойности на абсолютните показатели от теста Уингейт бяха: максимална мощност (PP) –  $573,2 \pm 102,20$  W, средна мощност (AP) –  $437,6 \pm 68,25$  W, минимална мощност (MP) –  $295,8 \pm 55,85$  W и спад на мощността (PD) –  $277,4 \pm 59,11$  W. Коефициентите на вариация при тези показатели бяха в диапазона от 15,60 до 21,31% (еднородни извадки), като най-малък беше за максималната мощност (AP), а най-голям за спада в мощността (PD). Средните стойности на относителните показатели бяха: максимална мощност (RPP) –  $9,42 \pm 1,47$  W/kg, средна мощност (RAP) –  $7,19 \pm 0,92$  W/kg, минимална мощност (RMP)  $4,85 \pm 0,80$  W/kg и спад в мощността (RPD) –  $4,55 \pm 0,91$  W/kg. Коефициентите на вариация при тези показатели варираха между 12,79 и 20,02%, като най-нисък беше този на средната мощност (RAP), а най-

висок този на спад в мощност (RPD). Относителните показатели са с висока еднородност в сравнение с абсолютните. Показателите tPP, PVmax и tVmax имаха голям размах и големи коефициенти на вариация (от 27,95% до 139,30%). Средните стойности на постиженията бяха както следва: на 50 m свободен стил –  $28,51 \pm 0,88$  s което отговаря на 520 точки по таблицата на ФИНА, на 100 m свободен стил -  $63,24 \pm 4,00$  s (501 точки) и на 200 m свободен стил -  $137,88 \pm 7,74$  s (513 точки). Коефициентите на вариация при спортните постижения бяха в рамките от 3,07 до 6,33%, което показва, сравнително силна еднородност на извадката по отношение на спортната квалификация. От всички показатели единствено tVmax има разпределение различно от нормалното (Таблица 3.2).

**Таблица 3.2**

*Вариационен анализ на антропометричните показатели, резултатите от анаеробния тест Уингейт за долната част на тялото и плувните постижения на изследваните девойки старша възраст (15-17 години).*

Variables ♀	n	Range	X <sub>min</sub>	X <sub>max</sub>	ND	$\bar{x}$	SD	V%
Height [cm]	17	22,0	158,0	180,0	yes	<b>170,5</b>	5,67	3,32
Weight [kg]	17	13,4	53,7	67,1	yes	<b>60,7</b>	3,66	6,03
PP [W]	17	422,4	272,4	694,8	yes	<b>573,2</b>	102,20	17,83
RPP [W/kg]	17	6,3	4,6	10,9	yes	<b>9,42</b>	1,47	15,62
AP [W]	17	282,1	234,4	516,5	yes	<b>437,6</b>	68,25	15,60
RAP [W/kg]	17	4,1	4,0	8,1	yes	<b>7,19</b>	0,92	12,79
MP [W]	17	214,5	146,4	360,9	yes	<b>295,8</b>	55,85	18,88
RMP [W/kg]	17	3,3	2,5	5,8	yes	<b>4,85</b>	0,80	16,42
PD [W]	17	220,5	126,0	346,5	yes	<b>277,4</b>	59,11	21,31
RPD [W/kg]	17	4,0	2,1	6,1	yes	<b>4,55</b>	0,91	20,02
PD [%]	17	13,9	42,6	56,5	yes	<b>48,3</b>	4,51	9,35
TW [J]	17	8247,5	7009,2	15256,7	yes	<b>12897,0</b>	2008,94	15,58
50 m [s]	17	3,06	26,57	29,63	yes	<b>28,51</b>	0,88	3,07
100 m [s]	10	12,94	55,65	68,59	yes	<b>63,24</b>	4,00	6,33
200 m [s]	8	23,12	125,30	148,42	yes	<b>137,88</b>	7,79	5,65

ND – нормално разпределение

В Таблица 3.3 са представени резултатите от вариационен анализ на изследваните юноши младша възраст (13-14 години. Средния ръст на състезателите беше –  $170,3 \pm 7,99$  cm, а средното тегло -  $68,2 \pm 7,63$  kg. Коефициентът на вариация при тези показатели беше нисък (4,69% и 13,45% съответно), което показва силна еднородност на групата по отношение на антропометричните параметри. Средните стойности на абсолютните показатели от теста Уингейт бяха: максимална мощност (PP) –  $607,9 \pm 126,27$  W, средна мощност (AP) –  $455,4 \pm 107,46$  W, минимална мощност (MP) –  $313,2 \pm 92,33$  W и спад на мощността (PD) –  $294,7 \pm 48,33$  W.

Коефициентите на вариация при тези показатели бяха в диапазона от 16,40 до 29,48%, (сравнително еднородни извадки), като най-малък беше този за спад в мощност (PD), а най-голям този за минимална мощност (MP). Средните стойности на относителните показатели от теста Уингейт бяха: максимална мощност (RPP) –  $10,29 \pm 1,29$  W/kg, средна мощност (RAP) –  $7,66 \pm 1,06$  W/kg, минимална мощност (RMP)  $5,23 \pm 0,97$  W/kg и спад в мощността (RPD) –  $5,06 \pm 0,88$  W/kg. Коефициентите на вариация при тези показатели бяха между 12,52 и 18,57%, като най-нисък беше този на максималната мощност (PP), а най-висок този на минималната мощност (MP). Относителните показатели бяха с по-висока еднородност в сравнение с абсолютните. Показателите tPP, PVmax и tVmax имаха голям размах и сравнително големи коефициенти на вариация (от 16,76% до 88,34%). Средните стойности на постиженията бяха: на 50 m свободен стил –  $27,32 \pm 1,69$  s, което отговаря на 407 точки по таблицата на ФИНА, на 100 m свободен стил –  $61,23 \pm 3,23$  s (395 точки), на 200 m свободен стил –  $124,79 \pm 7,53$  s (504 точки). Коефициентите на вариация при спортните постижения бяха в рамките от 5,28 до 6,17%, което показва силна еднородност на извадката по отношение на спортната квалификация. Всички показатели с изключение на резултатите на 50 m свободен стил имат нормално разпределение. Статистически достоверни разлики между девойките и юношите младша възраст могат да се видят в Таблица 3.3. Такива не се забелязват при теглото, показателите за минимална мощност (MP и RMP), коефициента на умората (PD%) и постиженията на 100 и 200 m свободен стил.

**Таблица 3.3**

*Вариационен анализ на антропометричните показатели, резултатите от анаеробния тест Уингейт за долна част на тялото и плувните постижения на изследваните юноши младша (13-14 години).*

Variables ♂	n	Range	X <sub>min</sub>	X <sub>max</sub>	ND	$\bar{x}$	SD	V%
Height [cm]	7	18,0	163,0	181,0	yes	<b>170,3 *</b>	7,99	4,69
Weight [kg]	7	19,9	48,2	68,0	yes	<b>59,0</b>	7,93	13,45
PP [W]	7	282,0	451,8	733,8	yes	<b>607,9 *</b>	126,27	20,77
RPP [W/kg]	7	4,1	7,7	11,8	yes	<b>10,29 &amp;</b>	1,29	12,52
AP [W]	7	236,0	335,5	571,5	yes	<b>455,4 *</b>	107,46	23,60
RAP [W/kg]	7	3,1	5,7	8,8	yes	<b>7,66 #</b>	1,06	13,84
MP [W]	7	231,2	199,5	430,7	yes	<b>313,2</b>	92,33	29,48
RMP [W/kg]	7	2,2	4,2	6,4	yes	<b>5,23</b>	0,97	18,57
PD [W]	7	142,6	201,6	344,2	yes	<b>294,7 &amp;</b>	48,33	16,40
RPD [W/kg]	7	2,7	3,4	6,1	yes	<b>5,06 &amp;</b>	0,88	17,50
PD [%]	7	18,1	41,3	59,4	yes	<b>49,1</b>	6,40	13,03
TW [J]	7	7077,0	9917,5	16994,5	yes	<b>13474,4</b>	3242,76	24,07
50 m [s]	7	3,96	25,41	29,37	no	<b>27,32 #</b>	1,69	6,17
100 m [s]	5	7,68	55,94	63,62	yes	<b>61,23</b>	3,23	5,28
200 m [s]	3	13,51	119,95	133,46	yes	<b>124,79</b>	7,53	6,03

\* -  $p < 0,05$ ; # -  $p < 0,01$ ; & -  $p < 0,001$  спрямо девойки младша възраст; ND – нормално разпределение

В Таблица 3.4 са представени резултатите от вариационен анализ на изследваните юноши старша възраст (15-17 години). Средния ръст на състезателите беше –  $178,7 \pm 6,65$  cm, а средното тегло -  $69,5 \pm 6,70$  kg. Коефициентът на вариация при тези показатели беше нисък (3,72% и 9,64% съответно), което показва силна еднородност на групата по отношение на антропометричните параметри. Средните стойности на абсолютните показатели от теста Уингейт бяха: максимална мощност (PP) –  $789,6 \pm 133,65$  W, средна мощност (AP) –  $588,2 \pm 79,67$  W, минимална мощност (MP) –  $404,0 \pm 60,91$  W и спад на мощността (PD) –  $385,7 \pm 109,73$  W. Коефициентите на вариация при тези показатели бяха в диапазона от 13,54 до 28,45%, (сравнително еднородни извадки), като най-малък беше този на средна мощност (AP), а най-голям този на спад в мощността (PD). Средните стойности на относителните показатели от теста Уингейт бяха: максимална мощност (RPP) –  $11,36 \pm 1,61$  W/kg, средна мощност (RAP) –  $8,47 \pm 0,83$  W/kg, минимална мощност (RMP)  $5,82 \pm 0,66$  W/kg и спад в мощността (RPD) –  $5,56 \pm 1,53$  W/kg. Коефициентите на вариация при тези показатели бяха между 9,79 и 27,44%, като най-нисък беше този на средната мощност (AP), а най-висок този на спад в мощността (PD). Относителните показатели бяха по-еднородни в сравнение с абсолютните. Показателите tPP, PVmax и tVmax имат голям размах и



сравнително големи на вариация (от 17,05% до 73,98%). Средните стойности на постиженията бяха: на 50 m свободен стил –  $25,38 \pm 1,38$  s, което отговаря на 508 точки по таблицата на ФИНА, на 100 m свободен стил –  $55,46 \pm 3,25$  s (532 точки), на 200 m свободен стил –  $120,15 \pm 5,65$  s (565 точки). Коефициентите на вариация при спортните постижения бяха в рамките от 4,70 до 5,86%, което показва еднородността на извадката по отношение на спортната квалификация. Всички показатели с изключение на средна мощност (AP) и  $PV_{\max}$  имат нормално разпределение. Достоверно по-високи стойности на резултатите при юношите спрямо девойките старша възраст имаме при всички показатели с изключение на спад в мощността (PD%) (Таблица 3.4).

**Таблица 3.4**

*Вариационен анализ на антропометричните показатели, резултатите от анаеробния тест Уингейт за долна част на тялото и плувните постижения на изследваните юноши старша (15-17 години).*

Variables ♂	n	Range	X <sub>min</sub>	X <sub>max</sub>	ND	$\bar{x}$	SD	V%
Height [cm]	40	33,0	161,0	194,0	yes	<b>178,7 &amp;</b>	6,65	3,72
Weight [kg]	40	28,4	53,2	81,7	yes	<b>69,5 &amp;</b>	6,70	9,64
PP [W]	40	536,7	510,3	1047,0	yes	<b>789,6 &amp;</b>	133,65	16,93
RPP [W/kg]	40	6,5	7,9	14,4	yes	<b>11,36 &amp;</b>	1,61	14,18
AP [W]	40	317,3	420,5	737,8	no	<b>588,2 &amp;</b>	79,67	13,54
RAP [W/kg]	40	3,5	6,2	9,7	yes	<b>8,47 &amp;</b>	0,83	9,79
MP [W]	40	250,3	285,6	535,9	yes	<b>404,0 &amp;</b>	60,91	15,08
RMP [W/kg]	40	2,4	4,4	6,8	yes	<b>5,82 &amp;</b>	0,66	11,34
PD [W]	40	446,6	166,5	613,1	yes	<b>385,7 &amp;</b>	109,73	28,45
RPD [W/kg]	40	6,2	3,1	9,3	yes	<b>5,56 #</b>	1,53	27,44
PD [%]	40	33,0	32,6	65,6	yes	<b>48,1</b>	7,42	15,41
TW [J]	40	9369,6	12461	21831,0	yes	<b>17390 &amp;</b>	2343,6	13,48
50 m [s]	40	4,46	23,67	28,13	yes	<b>25,38 &amp;</b>	1,38	5,42
100 m [s]	29	12,30	50,99	63,29	yes	<b>55,46 &amp;</b>	3,25	5,86
200 m [s]	22	20,24	112,48	132,72	yes	<b>120,15 &amp;</b>	5,65	4,70

\* -  $p < 0,05$ ; # -  $p < 0,01$ ; & -  $p < 0,001$  спрямо девойки старша; ND – нормално разпределение

### **Корелационен анализ**

На Таблица 3.5 са представени резултатите от корелационния анализ, включващ антропометричните показатели, резултатите от анаеробния тест Уингейт за долна част на тялото и плувните постижения на изследваните девойки младша възраст (13-14 години). Наблюдава се корелация между теглото и възрастта ( $r = 0,499$ ;  $p < 0,041$ ) и теглото и ръста ( $r = 0,760$ ;  $p < 0,001$ ) на участниците. Установени са значителни корелации

на максималната мощност (PP) и средната мощност (AP) с възрастта както и на същите показатели с теглото. Относителните показатели от теста (RPP и RAP) няма достоверна корелация с възрастта, теглото и ръста. Има силни вътрешни корелации между показателите от теста. Достоверни вътрешни корелации при спортните постижения има само между 100 и 200 m ( $r = 0,669$ ;  $p < 0,012$ ). Постиганията на 100 и 200 m корелират с ръста, теглото и максималната мощност.

**Таблица 3.5**

*Корелационен анализ на антропометричните показатели, резултатите от анаеробния тест Уингейт за долната част на тялото и плувните постижения на изследваните девойки младша възраст (13-14 години).*

♀ Wingate lower body		Age	Height	Weight	PP	RPP	AP	RAP	50 m	100 m
Height	corr. sig.	0,094 0,720								
Weight	corr. sig.	<b>0,499</b> <b>0,041</b>	<b>0,760</b> <b>0,000</b>							
PP	corr. sig.	<b>0,647</b> <b>0,005</b>	0,285 0,268	<b>0,619</b> <b>0,008</b>						
RPP	corr. sig.	0,319 0,211	-0,394 0,117	-0,215 0,408	0,630 0,007					
AP	corr. sig.	<b>0,687</b> <b>0,002</b>	0,207 0,425	<b>0,573</b> <b>0,016</b>	0,948 0,000	0,608 0,010				
RAP	corr. sig.	0,377 0,136	-0,447 0,072	-0,222 0,393	0,567 0,018	0,921 0,000	0,669 0,003			
50 m	corr. sig.	-0,428 0,087	0,144 0,582	-0,140 0,591	-0,116 0,659	-0,039 0,881	-0,216 0,405	-0,160 0,538		
100 m	corr. sig.	0,203 0,469	<b>0,700</b> <b>0,004</b>	<b>0,654</b> <b>0,008</b>	0,498 0,059	-0,043 0,880	0,323 0,241	-0,230 0,410	0,468 0,078	
200 m	corr. sig.	0,325 0,278	<b>0,668</b> <b>0,013</b>	<b>0,701</b> <b>0,008</b>	<b>0,698</b> <b>0,008</b>	0,185 0,545	0,575 0,040	0,049 0,874	0,169 0,582	<b>0,669</b> <b>0,012</b>

С плътна линия са очертани корелациите между еднородни показатели (само антропометрични, само от анаеробния тест или само плувни постижения).

В Таблица 3.6 са представени резултатите от корелационен анализ, включващ антропометричните показатели, резултатите от анаеробния тест Уингейт за долната част на тялото и плувните постижения на изследваните девойки старша възраст (15-17 години). Не се намират достоверни корелации между възрастта ръста и теглото. От антропометричните данни само теглото има достоверни корелации с показателите от теста: с максимална мощност ( $r = 0,580$ ;  $p < 0,015$ ), и със средна мощност ( $r = 0,671$ ;  $p < 0,003$ ). Много високи вътрешни корелации се забелязват както между показателите от теста (от  $r = 0,870$  до  $r = 0,960$ ), така и между спортните

постижения (от  $r = 0,867$  до  $r = 0,945$ ). Съществуват достоверни значителни корелации между постиженията на 50 m и абсолютната средна мощност ( $r = 0,581$ ;  $p < 0,015$ ) и между постиженията на 50 m и относителната средна мощност ( $r = 0,540$ ;  $p < 0,025$ ).

**Таблица 3.6**

*Корелационен анализ на антропометричните показатели, резултатите от анаеробния тест Уингейт за долната част на тялото и плувните постижения на изследваните девойки старша възраст (15-17 години).*

♀ Wingate lower body		Age	Height	Weight	PP	RPP	AP	RAP	50 m	100 m
<b>Height</b>	corr. sig.	-0,326 0,202								
<b>Weight</b>	corr. sig.	-0,273 0,288	0,408 0,104							
<b>PP</b>	corr. sig.	0,083 0,751	-0,108 0,681	<b>0,580</b> <b>0,015</b>						
<b>RPP</b>	corr. sig.	0,214 0,410	-0,307 0,230	0,288 0,263	0,946 0,000					
<b>AP</b>	corr. sig.	0,034 0,896	-0,063 0,812	<b>0,671</b> <b>0,003</b>	0,960 0,000	0,870 0,000				
<b>RAP</b>	corr. sig.	0,174 0,504	-0,291 0,256	0,355 0,162	0,925 0,000	0,956 0,000	0,931 0,000			
<b>50 m</b>	corr. sig.	-0,126 0,630	-0,215 0,407	-0,367 0,147	-0,464 0,061	-0,397 0,115	<b>-0,581</b> <b>0,015</b>	<b>-0,540</b> <b>0,025</b>		
<b>100 m</b>	corr. sig.	-0,176 0,627	-0,461 0,180	-0,200 0,579	-0,241 0,502	-0,202 0,575	-0,374 0,287	-0,340 0,336	0,945 0,000	
<b>200 m</b>	corr. sig.	-0,104 0,806	-0,368 0,369	-0,299 0,472	-0,041 0,924	0,019 0,965	-0,211 0,616	-0,140 0,741	0,881 0,004	0,867 0,005

С плътна линия са очертани корелациите между еднородни показатели (само антропометрични, само от анаеробния тест или само плувни постижения).

В Таблица 3.7 са представени резултатите от корелационен анализ, включващ антропометричните показатели, резултатите от анаеробния тест Уингейт за долната част на тялото и плувните постижения на изследваните юноши младша възраст (13-14 години). Наблюдава се високи корелации на възрастта с максималната мощност, с абсолютната средна мощност и с относителната средна мощност. Високи до много високи вътрешни корелации има между показателите от анаеробния тест (от  $r = 0,774$  до  $r = 0,995$ ) и между постиженията на 50, 100 и 200 m свободен стил. Високи корелации се наблюдават между възрастта, теглото и постижението на 50 m свободен стил. Съществуват достоверни много високи корелации между постижението на 50 m свободен стил и показателите от теста, като най-висока е тази със средната мощност (AP) ( $r = 0,947$ ;  $p < 0,002$ ).

**Таблица 3.7**

*Корелационен анализ на антропометричните показатели, резултатите от анаеробния тест Уингейт за долната част на тялото и плувните постижения на изследваните юноши младша възраст (13-14 години).*

♂ Wingate lower body		Age	Height	Weight	PP	RPP	AP	RAP	50 m	100m
<b>Height</b>	corr. sig.	0,318 0,488								
<b>Weight</b>	corr. sig.	0,724 0,066	0,501 0,252							
<b>PP</b>	corr. sig.	<b>0,904</b> <b>0,005</b>	0,081 0,863	<b>0,802</b> <b>0,030</b>						
<b>RPP</b>	corr. sig.	0,688 0,087	-0,414 0,356	0,243 0,599	0,774 0,041					
<b>AP</b>	corr. sig.	<b>0,891</b> <b>0,007</b>	0,148 0,752	<b>0,853</b> <b>0,015</b>	0,995 0,000	0,712 0,073				
<b>RAP</b>	corr. sig.	<b>0,803</b> <b>0,030</b>	-0,238 0,607	0,491 0,263	0,913 0,004	0,963 0,000	0,873 0,010			
<b>50 m</b>	corr. sig.	-0,965 0,000	-0,240 0,604	-0,765 0,045	<b>-0,936</b> <b>0,001</b>	<b>-0,720</b> <b>0,068</b>	<b>-0,947</b> <b>0,002</b>	<b>-0,846</b> <b>0,016</b>		
<b>100 m</b>	corr. sig.	-0,915 0,029	-0,237 0,701	-0,811 0,096	-0,982 0,003	-0,566 0,320	-0,982 0,003	-0,797 0,106	0,960 0,010	
<b>200 m</b>	corr. sig.	-0,998 0,043	-1,000 0,005	-0,856 0,346	-0,990 0,092	-0,974 0,146	-0,975 0,142	-0,999 0,030	1,000 0,009	1,000 .

С плътна линия са очертани корелациите между еднородни показатели (само антропометрични, само от анаеробния тест или само плувни постижения)

В Таблица 3.8 са представени резултатите от корелационен анализ, включващ антропометричните показатели, резултатите от анаеробния тест Уингейт за долната част на тялото и плувните постижения на изследваните юноши старша възраст (15-17 години). Съществува умерена корелация между възрастта и ръста ( $r = 0,423$ ;  $p < 0,007$ ) и между ръста и теглото ( $r = 0,562$ ;  $p < 0,001$ ). Максималната мощност (PP) и средната мощност (AP) показват умерени корелации с антропометричните данни (от  $r = 0,490$  до  $r = 0,666$ ). Отново се наблюдават високи вътрешни корелации между показателите от анаеробния тест от  $r = 0,625$  до  $r = 0,896$  и между плувните постижения от  $r = 0,758$  до  $r = 0,931$ . Постиганията на 50, 100 и 200 m показват значителни корелации с възрастта и антропометричните данни. Постиганията на 50, 100 и 200 m свободен стил корелират достоверно с показателите от теста, като най-висока е корелацията между 50 m свободен стил и средната мощност (AP) ( $r = 0,784$ ;  $p < 0,001$ ). С увеличаване на дистанцията се наблюдава намаляване на корелацията с показателите от теста.

**Таблица 3.8**

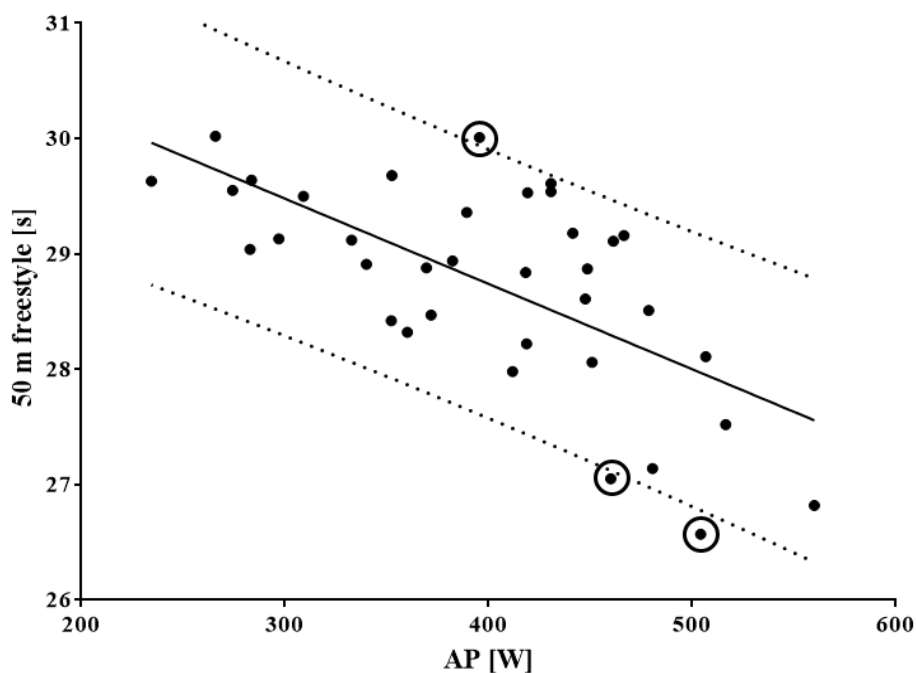
*Корелационен анализ на антропометричните показатели, резултатите от анаеробния тест Уингейт за долната част на тялото и плувните постижения на изследваните юноши старша възраст (15-17 години).*

♂ Wingate lower body		Age	Height	Weight	PP	RPP	AP	RAP	50 m	100m
Height	corr. sig.	<b>0,423</b> <b>0,007</b>								
Weight	corr. sig.	0,181 0,264	<b>0,562</b> <b>0,000</b>							
PP	corr. sig.	0,490 0,001	0,504 0,001	0,537 0,000						
RPP	corr. sig.	0,471 0,002	0,242 0,132	-0,007 0,964	0,837 0,000					
AP	corr. sig.	0,511 0,001	0,593 0,000	0,666 0,000	0,896 0,000	0,625 0,000				
RAP	corr. sig.	0,515 0,001	0,285 0,074	-0,035 0,832	0,707 0,000	0,853 0,000	0,721 0,000			
50 m	corr. sig.	-0,537 0,000	-0,519 0,001	-0,549 0,000	<b>-0,696</b> <b>0,000</b>	-0,478 0,002	<b>-0,784</b> <b>0,000</b>	-0,548 0,000		
100 m	corr. sig.	-0,418 0,024	-0,420 0,023	-0,230 0,229	<b>-0,655</b> <b>0,000</b>	-0,617 0,000	<b>-0,704</b> <b>0,000</b>	-0,712 0,000	0,931 0,000	
200 m	corr. sig.	-0,237 0,289	-0,320 0,146	-0,468 0,028	<b>-0,528</b> <b>0,011</b>	-0,351 0,109	<b>-0,634</b> <b>0,002</b>	-0,488 0,021	0,758 0,000	0,845 0,000

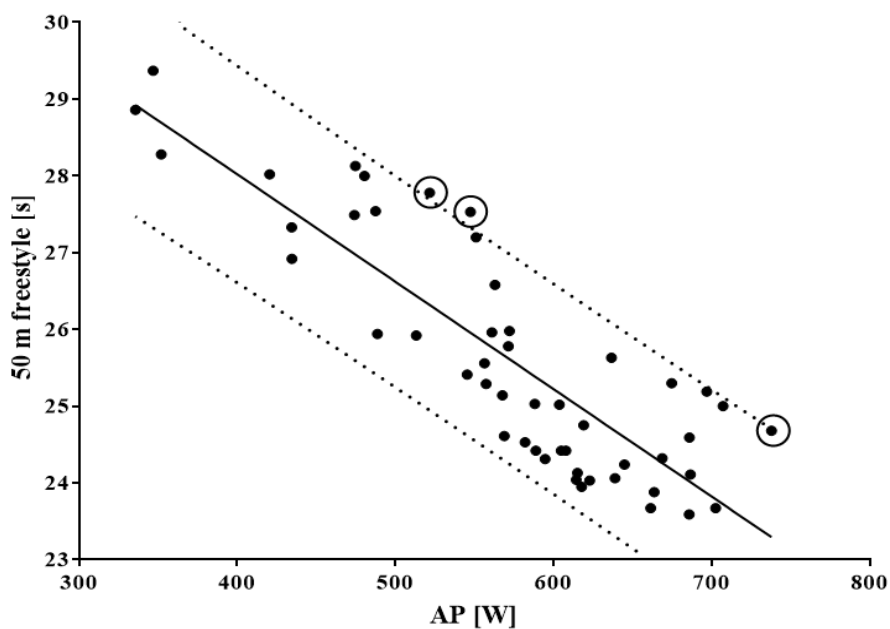
### **Регресионен анализ**

Проведен е линеен множествен регресионен стъпков анализ за оценка на влиянието на изследваните показатели за анаеробната работоспособност върху постижението на 50 m свободен стил по отделно за двата пола. В стъпковата регресия като независими променливи са включени освен получените най-информативни показатели от анаеробния тест Уингейт за долната част на тялото (PP, RPP, AP и RAP) и възрастта, ръста, теглото на състезателите. При девойките (Фигура 3.1), в стъпковия регресионен анализ, като единствен аргумент на регресионното уравнение се открие само показателят абсолютна средна мощност (AP), който показва и най-висока корелация със спортното постижение. Изведеното регресионно уравнение има следния вид: **50 m time [s] = -0,0074 . AP [W] + 31,696 (r = -0,660; p < 0,001)**

При юношите (Фигура 3.2), стъпковия регресионен анализ, като единствен аргумент в регресионното уравнение също открие само показателят абсолютна средна мощност (AP). Изведеното регресионно уравнение има следния вид: **50 m time [s] = -0,014 . AP [W] + 33,616 (r = -0,859 p < 0,001)**



**Фигура 3.1** Графично представяне на линейното регресионно уравнение за зависимостта на спортното постижение при девойките от средната мощност (AP) развита при теста Уингейт за долната част на тялото ( $r = -0,660$ ;  $p < 0,001$ ). С пунктирани линии е очертан 90% прогностичен интервал, а точките които излизат извън него са очертани с кръг.



**Фигура 3.2** Графично представяне на линейното регресионно уравнение за зависимостта на спортното постижение при юношите от средната мощност (AP) развита при теста Уингейт за долната част на тялото ( $r = -0,859$ ;  $p < 0,001$ ). С пунктирани линии е очертан 90% прогностичен интервал, а точките които излизат извън него са очертани с кръг.

### ***Персентилни оценки***

Персентилни оценки на резултатите от анаеробния тест Уингейт за долната част на тялото биха били много полезни за оценка на анаеробната работоспособност при състезатели по плуване. Възрастовият диапазон на изследвания контингент, от 13 до 18 години, обуславя освен полови и съществени възрастови различия в резултатите. За това състезателите са разделени по възрастови групи според състезателния правилник на Българска Федерация Плувни Спортове. Така в изследвания от нас възрастов диапазон попадат следните три групи: юноши и девойки младша възраст (13-14 год.), юноши и девойки старша възраст (15-17 год.) и мъже и жени (18+ год.) В тези възрастови и полови групи, в които има достатъчен брой случаи (девойки младша възраст и юноши и девойки старша възраст), бяха изчислени персентилни оценки за най-информативните показатели от анаеробния тест (Таблица 3.9, Таблица 3.11 и Таблица 3.10).

Необходимо е персентилните оценки да бъдат допълнени за останалите възрастови групи (юноши младша възраст, мъже и жени) и да се актуализират периодично на база на регулярни тестираня на български състезатели от национално и международно ниво.

***Таблица 3.9***

*Персентилни оценки (PCTL) на основните показатели от анаеробния тест Уингейт за долната част на тялото при девойки младша възраст (13-14 год.)*

PCTL	PP [W]	PP [W/kg]	AP [W]	AP [W/kg]	PCTL	PP [W]	PP [W/kg]	AP [W]	AP [W/kg]
99,9%	552,8	9,50	441,4	7,60	43,7%	420,1	7,80	350,2	6,20
93,7%	528,9	9,20	419,2	7,50	37,5%	418,0	7,70	340,1	6,10
87,5%	500,2	9,10	395,6	7,30	31,2%	402,4	7,60	309,1	6,00
81,2%	494,3	9,00	389,3	7,25	25,0%	389,0	7,30	297,0	5,80
75,0%	492,9	8,95	382,3	7,20	18,7%	369,1	7,10	283,6	5,70
68,7%	485,9	8,90	371,8	7,15	12,5%	362,8	6,85	282,9	5,40
62,5%	445,7	8,85	369,5	7,10	6,2%	349,6	6,80	274,3	5,30
56,2%	441,5	8,80	360,2	6,60	1,0%	348,2	6,60	265,9	5,00
50,0%	432,1	8,50	352,5	6,40					

**Таблица 3.10**

Персентилни оценки (PCTL) на основните показатели от анаеробния тест Уингейт за долната част на тялото при юноши старша възраст (15-17 години)

PCTL	PP [W]	PP [W/kg]	AP [W]	AP [W/kg]	PCTL	PP [W]	PP [W/kg]	AP [W]	AP [W/kg]
99,9%	1047,0	14,40	737,8	9,70	47,3%	788,7	11,10	594,7	8,50
97,3%	1035,0	14,30	707,2	9,65	44,7%	785,5	11,00	588,8	8,47
94,7%	994,5	14,23	702,5	9,60	42,1%	763,0	10,90	582,0	8,45
92,1%	968,7	14,20	696,9	9,54	39,4%	749,2	10,85	572,1	8,40
89,4%	953,5	13,40	686,6	9,45	36,8%	742,4	10,80	568,8	8,35
86,8%	949,0	13,30	674,8	9,40	34,2%	740,4	10,75	567,7	8,30
84,2%	933,9	12,90	668,7	9,30	31,5%	725,7	10,70	563,0	8,25
81,5%	914,2	12,70	663,7	9,20	28,9%	716,8	10,50	561,0	8,20
78,9%	904,5	12,70	661,5	9,10	26,3%	712,4	10,41	557,4	8,15
76,3%	898,1	12,60	644,9	9,00	23,6%	708,0	10,40	551,0	8,10
73,6%	886,8	12,30	638,9	8,90	21,0%	706,3	10,35	547,4	8,05
71,0%	872,8	12,20	636,6	8,87	18,4%	695,0	10,30	521,7	8,00
68,4%	854,4	12,10	622,9	8,85	15,7%	682,6	9,90	513,1	7,95
65,7%	849,5	11,90	619,0	8,80	13,1%	634,9	9,80	488,7	7,90
63,1%	848,9	11,85	617,8	8,75	10,5%	619,2	9,70	487,5	7,85
60,5%	834,1	11,80	615,2	8,70	7,8%	605,4	9,50	474,7	7,80
57,8%	808,7	11,50	614,4	8,65	5,2%	603,5	9,40	434,5	7,50
55,2%	805,7	11,40	607,9	8,60	2,6%	547,1	8,90	434,4	6,30
52,6%	804,5	11,30	604,9	8,55	1,0%	510,3	7,90	420,5	6,20
50,0%	788,8	11,20	603,7	8,52					

**Таблица 3.11**

Персентилни оценки (PCTL) на основните показатели от анаеробния тест Уингейт за долната част на тялото при девойки старша възраст (15-17 години)

PCTL	PP [W]	PP [W/kg]	AP [W]	AP [W/kg]	PCTL	PP [W]	PP [W/kg]	AP [W]	AP [W/kg]
99,9%	694,8	10,87	516,5	8,10	43,7%	596,7	9,70	447,6	7,35
93,7%	680,9	10,80	506,7	7,90	37,5%	586,8	9,60	430,7	7,30
87,5%	669,3	10,60	504,2	7,70	31,2%	542,6	9,10	430,7	7,25
81,2%	629,6	10,35	480,6	7,65	25,0%	533,7	9,00	418,7	7,20
75,0%	624,5	10,30	478,7	7,60	18,7%	526,1	8,90	418,3	7,15
68,7%	619,7	10,20	466,5	7,56	12,5%	516,2	8,60	411,8	6,90
62,5%	613,8	9,82	461,3	7,49	6,2%	429,4	8,00	332,8	6,20
56,2%	610,4	9,80	450,9	7,45	1,0%	272,4	4,60	234,4	4,00
50,0%	598,3	9,75	448,6	7,40					



### ***Дискусия върху резултатите от анаеробния тест Уингейт за долната част на тялото***

Вариационния анализ (Таблица 3.1, Таблица 3.2, Таблица 3.3 и Таблица 3.4) показва ниски коефициенти на вариация на антропометричните параметри при девойките и юношите младша и старша възраст, което е атестат за хомогенността на четирите извадки. Малкият брой на извадката мъже ( $n=3$ ) и жени ( $n=2$ ) не позволи да се направи достоверен вариационен анализ за тази възрастова група. При всички останали групи относителните показатели на анаеробната работоспособност имат по-нисък коефициент на вариация от съответните абсолютни показатели. По-ниският коефициент на вариация се дължи на факта, че при относителните показатели е отстранена вариацията, дължаща се на разликата в теглото. Така най-ниската вариация е получена при относителните показатели за максимална (RPP) и средна мощност (RAP). Поради голямата нееднородност на показателите tPP, PVmax и tVmax и липсата на достоверна корелация с всички останали показатели (вж. 0), те бяха изключени от анализа при всички възрасти и при двата пола. Оценките на спортните постижения на 50, 100 и 200 m свободен стил при всички девойки и юноши варират в близки граници между 395 и 565 точки по ФИНА и съответно имат много нисък коефициент на вариация (от 1,77% до 6,33%). Това показва силна еднородност на извадките по отношение на спортно техническите качества на състезателите. Постиганията на девойките младша на 50, 100 и 200 m свободен стил са съответно 1,07, 1,04 и 1,10 пъти по-слаби от тези на юношите младша. Това отговаря на 1,39 пъти по-голямата максимална мощност (PP) и 1,32 пъти по-голяма средна мощност (AP) на юношите спрямо тази на девойките в младшата възраст. Имайки предвид, че необходимата мощност при плуване се увеличава с третата степен на скоростта, то при 1,32 пъти по-голяма средна мощност, може да се очаква, че скоростта и постижението, трябва да бъдат  $\sqrt[3]{1,32} = 1,10$  пъти по-ниски при девойките спрямо юношите в младшата възраст.

Постиганията на девойките старша на 50, 100 и 200 m свободен стил са съответно 1,12, 1,14 и 1,15 пъти по-слаби от тези на юношите старша. Това отговаря на 1,38 пъти по-голямата максимална мощност (PP) и 1,34 пъти по-голяма средна мощност (AP) на юношите спрямо тази на девойките в старша възраст. Имайки предвид, че необходимата мощност при плуване се увеличава с третата степен на скоростта, то при 1,32 пъти по-голяма средна мощност, може да се очаква, че скоростта и постижението, трябва да бъдат  $\sqrt[3]{1,34} = 1,11$  пъти по-ниски при девойките спрямо юношите в старшата възраст.

В младшата възраст се наблюдават по-малки разлики между девойките и юношите по отношение на спортните резултати. Това може да

се дължи на изпреварващото развитие на анаеробната мощност при юношите в периода на пубертета.

От корелационния анализ (Таблица 3.5, Таблица 3.6, Таблица 3.7 и Таблица 3.8) бяха установени достоверни, високи вътрешни корелации, както между отделните показатели от анаеробния тест и между плувните резултати на отделните дистанции в свободния стил и при двата пола във всички възрасти (с изключение на корелацията между 50 и 100 m и 50 и 200 m при девойки младша възраст).

Както при девойките, така и при юношите във всички възрасти се забелязва силна взаимна корелация между основните показатели на анаеробния тест – PP, AP и MP. По-високата максимална мощност (PP) е свързана с по-голям спад в работоспособността (PD) в хода на теста (корелациите с PD не са представени в таблиците). Също така по-високото ниво на максималната мощност (PP), определя и по-голяма извършена работа (AP).

При двата пола във всички възрастови групи относителните показатели (RPP и RAP) нямат достоверна корелация с теглото, тъй като неговото влияние е отстранено при изчислението на тези показатели. От показателите на анаеробния тест, най-висока корелация със спортния резултат на 50 m свободен стил и при двата пола във всички възрасти с изключение на девойки старша където тя е недостоверна има средната мощност (AP): при девойки старша  $r = -0,581$  ( $p < 0,015$ ); при юноши младша  $r = -0,947$  ( $p < 0,002$ ); при юноши старша  $r = -0,784$  ( $p < 0,001$ ). Коефициентите на корелация на този показател със спортното постижение на 50 m свободен стил при девойките и при юношите старша възраст не се различават достоверно помежду си ( $p = 0,22$ ). Други автори също определят средната мощност (AP), като показател с най-висока корелация със спортното постижение (Demarie et al., 2019). Трябва да се отбележи, че има и някои проучвания, които показват най-висока корелация на постиженията с относителната средна мощност (Hawley et al., 1992) и с максималната мощност (Duche et al., 1993).

По-ниската корелация на относителната (RAP) спрямо абсолютната (AP) средната мощност със спортния резултат на 50 m при юношите младша възраст ( $r = -0,947$ ;  $p < 0,002$  vs.  $r = -0,936$ ;  $p < 0,001$ ) и при юношите старша възраст ( $r = -0,784$ ;  $p < 0,001$  vs.  $r = -0,696$ ;  $p < 0,001$ ) съответства на наблюденията и на други автори, според които, при плуване, тъй като теглото е уравновесено от подемната сила на водата, относителната мощност не дава по-голяма корелация със постижението в сравнение с абсолютната (Yeater et al., 1981; Morouço et al., 2011).

Подобно на резултати на други автори (Duche et al., 1993) в настоящото изследване, при юноши старша, с нарастването на

състезателната дистанция, зависимостта между показателите от анаеробния тест и спортното постижение намалява. Това вероятно се дължи на намаляващото значение на анаеробната-алактатна система при 100 и 200 метра и увеличаващия се дял на аеробната система особено при 200 m. Времетраенето на състезателното плуване на 50 m свободен стил е съизмеримо с времето за изпълнение на анаеробния тест, съответно имаме близко разпределение на дяловете на енергообезпечаващите механизми по отношение на общия енергоразход на анаеробния тест за долни крайници.

След проведена линейна стъпкова регресия за зависимостта между постижението на и основните показатели от анаеробния тест, като единствен аргумент в регресионното уравнение и при двата пола остава показателят за абсолютна средна мощност (AP) (Фигура 3.1 и Фигура 3.2). Състезателите, чиито постижения на 50 m свободен стил отговарят на точки, които лежат над съответните регресионни линии, показват несъответствие между измерената средната мощност и спортното постижение, което в най-голяма степен може да се дължи на две най-вероятни причини: 1) по-неефективната им спрямо средното ниво плувна техника в свободния стил; 2) много ниска анаеробна мощност на горната част на тялото.

Състезателите, чиито постижения на 50 m свободен стил отговарят на точки, които лежат под съответните регресионни линии на Фигура 3.1 и Фигура 3.2, показват по-добри постижения от очакваните спрямо измерената при тях анаеробна мощност. В тези случаи също могат да се обсъждат две най-вероятни причини: 1) много по-ефективна спрямо средното ниво плувна техника в свободния стил; 2) много висока анаеробна мощност на горната част на тялото.

За да се направят еднозначни заключения в по-горе описаните случаи е необходимо да се направи комплексен анализ на анаеробната работоспособност, който да включи и оценка на анаеробната мощност и на горната част на тялото.

Представлява практически интерес размера на отклонението от регресионната линия, който да сочи с достатъчна вероятност състезателите, които се отклоняват сигнификантно от регресионния модел. Подходящ критерий е отклонението по-голямо от 90%-ния прогностичен интервал (Фигура 3.1 и Фигура 3.2). Така на Фигура 3.1 се открояват резултатите на 3 състезателки, чиито резултати са извън 90% прогностичен интервал (оградени с кръг). Една от тях е над (горната оградена точка), а другите две под (двете долни оградени точки) прогностичния интервал. На Фигура 3.2 се открояват резултатите на 3 състезателя, чиито резултати са извън 90% прогностичен интервал (оградени с кръг). И трите точки попадат над прогностичния интервал (горните три оградени точки).

По отношение на възрастовата динамика на показателите на анаеробната работоспособност от анаеробния тест Уингейт за долната част на тялото, подобно на други автори, наблюдаваме увеличение на анаеробната работоспособност с увеличаване на възрастта на състезателите (Van Praagh, 2000; Vandewalle et al., 1989; Carvalho et al., 2011). Флуктуациите при 17-годишни девойки и 14-годишни юноши вероятно се дължат на трансверзалния характер на изследването и малкия брой случаи в тези възрасти ( $n = 3$  девойки и  $n = 3$  юноши). Абсолютните стойности на основните показатели нарастват в по-голяма степен спрямо относителните и при двата пола. Това се дължи на факта, че абсолютните стойности отразяват както качествените физиологични промени и количествените изменения в състава на тялото, така и възрастовото абсолютно увеличение на мускулната маса. По-малкият брой наблюдения в настоящото изследване в сравнение с проучвания на други автори (Van Praagh 2000), с по-голям брой случаи, не позволява да се твърди еднозначно дали в пубертета се наблюдава забавено развитие на анаеробната работоспособност при девойки.

Представените персентилни оценки на средната мощност (AP) от анаеробния тест Уингейт за долната част на тялото за девойки и юноши (Таблица 3.11 и Таблица 3.10) имат само предварителен, ориентировъчен характер. За целите на бъдещата тренировъчна практика е необходимо системно възрастово проследяване на показателите на анаеробната работоспособност при елитни състезатели по плуване в България, създаване и постоянно актуализиране на възрастови норми, основани на национални лонгитудинални изследвания.

### **Анаеробен тест Уингейт за горната част на тялото**

#### ***Вариационен анализ***

В Таблица 3.12 са представени резултатите от вариационния анализ на изследваните девойки старша възраст (15-17 години), както следва: антропометрични показатели, резултати от анаеробния тест Уингейт за горната част на тялото и плувните постижения в свободен стил. Средният ръст на състезателките беше -  $171,2 \pm 4,82$  cm, а средно тегло –  $61,1 \pm 3,74$  kg. И при двата показателя коефициентът на вариация беше по-нисък от 10%, което показва силна еднородност на групата по отношение на антропометричните данни. Средните стойности на абсолютните показатели от теста Уингейт бяха: максимална мощност (PP) –  $294,3 \pm 85,70$  W, средна мощност (AP) -  $209,50 \pm 47,82$  W, минимална мощност (MP) –  $219,6 \pm 52,29$  W и спад на мощността (PD) –  $154,7 \pm 38,11$  W. Коефициентите на вариация при тези показатели бяха в диапазона от 28,31 до 36,94%, като най-малък беше този за средна мощност (AP), а най-голям

за спада в мощността (PD). Средните стойности на относителните показатели бяха: максимална мощност (RPP) -  $4,78 \pm 1,21$  W/kg, средна мощност (RAP) -  $3,58 \pm 0,71$  W/kg, минимална мощност (RMP)  $2,53 \pm 0,55$  W/kg и спад в мощността (RPD) -  $2,28 \pm 0,76$  W/kg. Коефициентите на вариация при тези показатели варираха между 19,75 и 33,42%, като най-нисък беше този на средната мощност (RAP), а най-висок беше този на спада в мощността (RPD). Относителните показатели имаха по-малки коефициенти на вариация и съответно по-висока еднородност в сравнение с абсолютните. Както при анаеробния тест на за долната част на тялото, показателите tPP, PVmax и tVmax имаха голям размах и коефициенти на вариация много по-високи от 30% (от 58,72% до 147,90%). Средните стойности на плувните постижения бяха както следва: на 50 m свободен стил -  $28,79 \pm 1,53$  s, което отговаря на 504 точки по таблицата на ФИНА, на 100 m свободен стил -  $63,77 \pm 2,90$  s. (496 точки) и на 200 m свободен стил -  $137,80 \pm 5,43$  s (532 точки). Коефициентите на вариация при спортните постижения бяха по-ниски от 10% (от 3,94 до 5,31%), което показва силна еднородност на извадката по отношение на спортната квалификация. При девойките повечето изследвани показатели, с изключение на PD% и резултатите на 50 и 100 m са с нормално разпределение.

**Таблица 3.12**

*Вариационен анализ на антропометричните показатели, резултатите от анаеробния тест Уингейт за горната част на тялото и плувните постижения на изследваните девойки старша възраст (15-17 години).*

Variables ♀	n	Range	X <sub>min</sub>	X <sub>max</sub>	ND	$\bar{x}$	SD	V%
Height [cm]	9	14,0	163,0	177,0	yes	<b>171,2 #</b>	4,82	2,81
Weight [kg]	9	11,5	55,2	66,7	yes	<b>61,1</b>	3,74	6,13
PP [W]	9	236,7	176,6	413,3	yes	<b>294,3</b>	85,70	29,12
RPP [W/kg]	9	3,1	3,2	6,3	yes	<b>4,78</b>	1,21	25,35
AP [W]	9	150,3	146,5	296,8	yes	<b>219,6</b>	52,29	23,81
RAP [W/kg]	9	1,9	2,6	4,5	yes	<b>3,58</b>	0,71	19,75
MP [W]	9	104,1	99,3	203,4	yes	<b>154,7</b>	38,11	24,64
RMP [W/kg]	9	1,5	1,6	3,1	yes	<b>2,53</b>	0,55	21,53
PD [W]	9	144,4	65,5	209,9	yes	<b>139,7</b>	51,59	36,94
RPD [W/kg]	9	2,1	1,1	3,2	yes	<b>2,28</b>	0,76	33,42
PD [%]	9	21,2	31,0	52,2	no	<b>46,5</b>	7,04	15,14
TW [J]	9	4406,4	4382,4	8788,8	yes	<b>6506,7</b>	1545,02	23,75
50 m [s]	9	5,04	26,01	31,05	no	<b>28,79</b>	1,53	5,31
100 m [s]	4	6,07	59,48	65,55	no	<b>63,77</b>	2,90	4,55
200 m [s]	4	12,27	129,86	142,13	yes	<b>137,80</b>	5,43	3,94

ND – нормално разпределение

**Таблица 3.13**

Вариационен анализ на антропометричните показатели, резултатите от анаеробния тест Уингейт за горната част на тялото и плувните постижения на изследваните юноши старша възраст (15-17 години).

Variables ♂	n	Range	X <sub>min</sub>	X <sub>max</sub>	ND	$\bar{x}$	SD	V%
Height [cm]	28	27,0	165,0	192,0	no	180,3	5,91 &	3,28
Weight [kg]	28	20,9	60,9	81,8	yes	70,1	5,38 &	7,68
PP [W]	28	596,7	318,5	915,2	yes	560,8	132,17 &	23,57
RPP [W/kg]	28	8,2	4,2	12,4	yes	7,97	1,64 &	20,50
AP [W]	28	257,0	260,5	517,5	yes	386,2	63,85 &	16,53
RAP [W/kg]	28	3,5	3,4	6,9	yes	5,50	0,75 &	13,66
MP [W]	28	206,3	147,8	354,1	yes	247,5	41,32 &	16,69
RMP [W/kg]	28	2,4	2,1	4,5	yes	3,52	0,52 &	14,72
PD [W]	28	501,3	119,6	620,9	yes	313,3	111,10 &	35,46
RPD [W/kg]	28	6,8	1,6	8,4	yes	4,45	1,44 &	32,49
PD [%]	28	31,7	37,5	69,2	yes	54,5	8,76 *	16,08
TW [J]	28	7458,1	7853,2	15311,3	yes	11398,5	1839,5 &	16,14
50 m [s]	28	4,32	23,56	27,88	no	25,29	1,31 &	5,19
100 m [s]	13	6,62	52,18	58,80	no	53,76	1,72 #	3,20
200 m [s]	12	11,10	112,69	123,79	yes	117,66	3,67 &	3,12

\* -  $p < 0,05$ ; # -  $p < 0,01$ ; & -  $p < 0,001$  спрямо девойките; ND – нормално разпределение;

В Таблица 3.13 са представени резултатите от вариационен анализ на изследваните юноши старша възраст (15-17 години), както следва: антропометрични показатели, резултати от анаеробния тест Уингейт за горната част на тялото и плувните постижения. Средният ръст на състезателите беше -  $180,3 \pm 5,91$  cm, а средно тегло -  $70,1 \pm 5,38$  kg. Коефициентите на вариация при тези показатели бяха под 10%, което показва силна еднородност на групата по отношение на ръста и теглото. Средните стойности на абсолютните показатели от теста Уингейт бяха: максимална мощност (PP) –  $560,8 \pm 132,17$  W, средна мощност (AP) –  $386,2 \pm 63,85$  W, минимална мощност (MP) -  $247,5 \pm 41,32$  W и спад на мощността (PD) –  $313,3 \pm 35,46$  W. Коефициентите на вариация при тези показатели беше в диапазона от 16,53 до 35,46%, като най-малък беше този за средна мощност (AP), а най-голям този за спада в мощността (PD). Средните стойности на относителните показатели от теста Уингейт за горната част на тялото бяха: максимална мощност (RPP) –  $7,97 \pm 1,64$  W/kg, средна мощност (RAP) –  $5,50 \pm 0,75$  W/kg, минимална мощност (RMP)  $3,52 \pm 0,52$  W/kg и спад в мощността (RPD) –  $4,45 \pm 1,44$  W/kg. Коефициентите на вариация при тези показатели бяха между 13,66 и 32,49%, като най-нисък беше този на средната мощност (RAP), а най-висок този на спада в мощността (RPD). Относителните показатели бяха с по-висока

еднородност в сравнение с абсолютните. Показателите tPP и tVmax имаха голям размах и големи коефициенти на вариация, по-високи от 30% (77,79% и 56,09%), което показва силната им нееднородност. Средните стойности на постиженията бяха: на 50 m свободен стил –  $25,29 \pm 1,31$  s, което отговаря на 514 точки по таблицата на ФИНА, на 100 m свободен стил –  $53,76 \pm 1,72$  s (584 точки), на 200 m свободен стил –  $117,66 \pm 3,67$  (602 точки). Коефициентите на вариация при спортните постижения бяха в рамките от 3,12 до 5,19%, което показва силна еднородност на извадката по отношение на спортната квалификация.

Ръстът, tPP [ms] и спортните постижения на 50 и 100 m на юношите, са с разпределение различно от нормалното. Всички други изследвани показатели имат нормално разпределение.

### ***Корелационен анализ***

В Таблица 3.14 е представен корелационният анализ на антропометричните показатели, резултатите от анаеробния тест Уингейт за горни крайници и плувните постижения на изследваните девойки старша възраст (15-17 години). Има висока корелация между ръста и теглото ( $r = 0,809$ ;  $p < 0,008$ ). Съществуват много високи вътрешни корелации между резултатите от теста (от  $r = 0,962$  до  $r = 0,990$ ) и високи между плувните резултати (от  $r = 0,962$  до  $r = 0,986$ ). Наблюдават се високи корелации както между възрастта и показателите от анаеробния тест, така и между антропометричните данни и максималната и средната мощност. Постиганията на 50 m свободен стил корелират достоверно с показателите от анаеробния тест, като най-висока е корелацията със средната мощност ( $r = 0,794$ ;  $p < 0,011$ ).

**Таблица 3.14**

*Корелационен анализ на антропометричните показатели, резултатите от анаеробния тест Уингейт за горната част на тялото и плувните постижения на изследваните девойки старша възраст (15-17 години).*

♀ Wingate upper body		Age	Height	Weight	PP	RPP	AP	RAP	50 m	100m
<b>Height</b>	corr. sig.	0,502 0,169								
<b>Weight</b>	corr. sig.	0,478 0,193	<b>0,809</b> <b>0,008</b>							
<b>PP</b>	corr. sig.	0,776 0,014	0,634 0,067	0,732 0,025						
<b>RPP</b>	corr. sig.	0,778 0,013	0,550 0,125	0,604 0,085	0,984 0,000					
<b>AP</b>	corr. sig.	0,787 0,012	0,689 0,040	0,765 0,016	0,990 0,000	0,962 0,000				
<b>RAP</b>	corr. sig.	0,809 0,008	0,582 0,100	0,610 0,081	0,976 0,000	0,984 0,000	0,977 0,000			
<b>50 m</b>	corr. sig.	-0,813 0,008	-0,676 0,046	-0,798 0,010	<b>-0,779</b> <b>0,013</b>	-0,709 0,032	<b>-0,794</b> <b>0,011</b>	-0,711 0,032		
<b>100 m</b>	corr. sig.	-0,407 0,593	-0,424 0,576	-0,375 0,625	-0,463 0,537	-0,280 0,720	-0,630 0,370	-0,513 0,487	0,962 0,038	
<b>200 m</b>	corr. sig.	-0,532 0,468	-0,273 0,727	-0,214 0,786	-0,412 0,588	-0,313 0,687	-0,561 0,439	-0,532 0,468	0,963 0,037	0,986 0,014

В Таблица 3.15 е представен корелационният анализ на антропометричните показатели, резултатите от анаеробния тест Уингейт за горната част на тялото и плувните постижения на изследваните юноши старша възраст (15-17 години). Наблюдава се значителна корелация между ръста и теглото ( $r = 0,528$ ;  $p < 0,004$ ). Съществуват много високи вътрешни корелации между резултатите от теста (от  $r = 0,846$  до  $r = 0,948$ ) и високи между плувните резултати (от  $r = 0,521$  до  $r = 0,882$ ). Има корелации между теглото и максималната мощност ( $r = 0,648$ ;  $p < 0,012$ ) и между теглото и средната мощност ( $r = 0,540$ ;  $p < 0,003$ ). Резултатите на 50 m свободен стил корелират с теглото и показателите от анаеробния тест, като най-висока е корелацията между постиженията и средната мощност (AP) ( $r = 0,771$ ;  $p < 0,001$ ). Наблюдава се понижаване на коефициента на корелация със средната мощност при увеличаване на плувната дистанция.



**Таблица 3.15**

*Корелационен анализ на антропометричните показатели, резултатите от анаеробния тест Уингейт за горната част на тялото и плувните постижения на изследваните юноши старша възраст (15-17 години).*

♂ Wingate upper body		Age	Height	Weight	PP	RPP	AP	RAP	50 m	100m
Height	corr. sig.	0,127 0,520								
Weight	corr. sig.	0,160 0,415	<b>0,528</b> <b>0,004</b>							
PP	corr. sig.	0,246 0,207	0,144 0,463	<b>0,468</b> <b>0,012</b>						
RPP	corr. sig.	0,235 0,228	-0,019 0,924	0,167 0,394	0,948 0,000					
AP	corr. sig.	0,249 0,201	0,124 0,529	<b>0,540</b> <b>0,003</b>	0,933 0,000	0,846 0,000				
RAP	corr. sig.	0,220 0,261	-0,136 0,491	0,093 0,638	0,847 0,000	0,912 0,000	0,886 0,000			
50 m	corr. sig.	-0,251 0,198	-0,117 0,553	-0,511 0,005	<b>-0,756</b> <b>0,000</b>	-0,674 0,000	<b>-0,771</b> <b>0,000</b>	-0,642 0,000		
100 m	corr. sig.	-0,199 0,514	-0,755 0,003	-0,222 0,465	-0,516 0,071	-0,499 0,082	-0,615 0,025	-0,581 0,037	0,882 0,000	
200 m	corr. sig.	-0,398 0,201	-0,418 0,177	-0,183 0,568	-0,566 0,055	-0,554 0,062	-0,585 0,046	-0,567 0,054	0,521 0,082	0,734 0,016

### **Регресионен анализ**

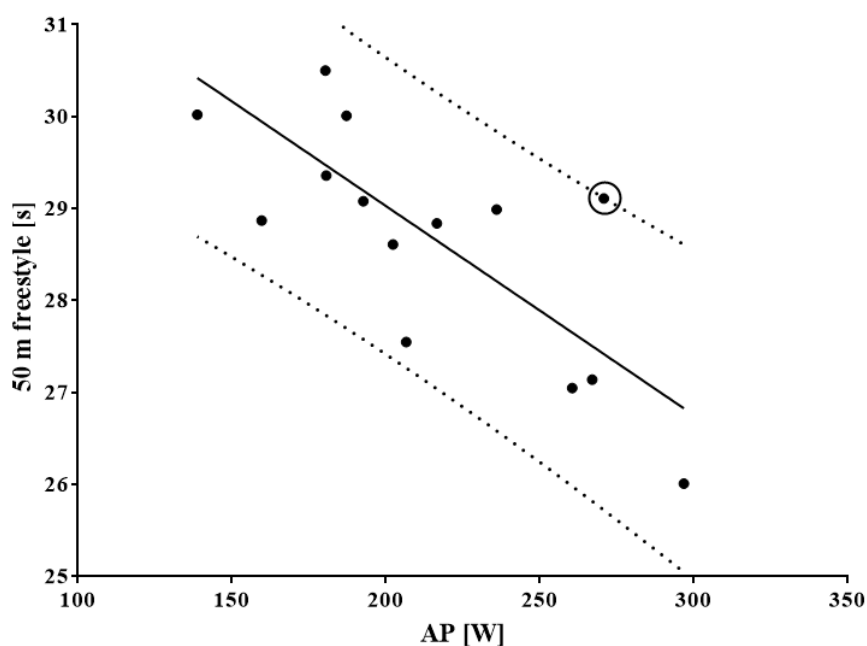
По отделно за двата пола е проведен линеен множествен регресионен стъпков анализ за оценка на комбинираното влияние на изследваните показатели за анаеробната работоспособност върху постижението на 50 m свободен стил. В стъпковата регресия като независими променливи бяха включени освен получените най-информативни показатели от анаеробния тест за горната част на тялото и възрастта, ръста и теглото на състезателите.

При девойките (Фигура 3.3), след проведения стъпков регресионен анализ, като единствен аргумент в регресионното уравнение остана само показателят абсолютна средна мощност (AP). Уравнение има следния вид:

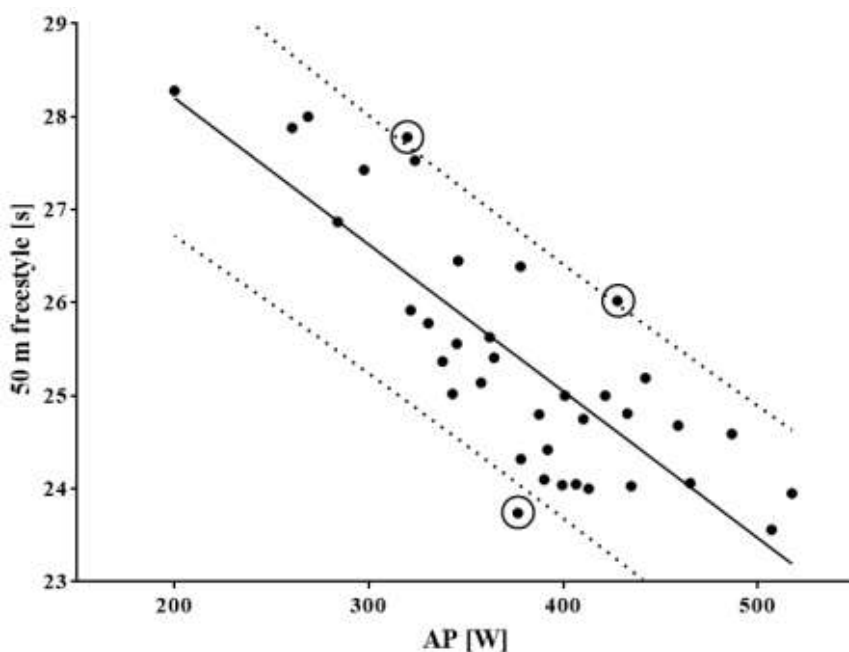
$$50 \text{ m time [s]} = -0,0227 \cdot AP [\text{W}] + 33,58 \quad (r = -0,788; p < 0,001)$$

При юношите (Фигура 3.4), след проведения стъпков регресионен анализ, като единствен аргумент в регресионното уравнение също остана само показателят средна мощност (AP). Уравнение има следния вид:

$$50 \text{ m time [s]} = -0,0158 \cdot AP [\text{W}] + 31,36 \quad (r = -0,811; p < 0,001)$$



**Фигура 3.3** Графично представяне на линейното регресионно уравнение за зависимостта на спортното постижение при девойките от средната мощност (AP) развита при теста Уингейт за горната част на тялото ( $r = -0,788$ ;  $p < 0,001$ ). С пунктирани линии е очертан 90% прогностичен интервал, а точките които излизат извън него са очертани с кръг.



**Фигура 3.4** Графично представяне на линейното регресионно уравнение за зависимостта на спортното постижение при юношите от средната мощност (AP) развита при теста Уингейт за горната част на тялото ( $r = -0,811$ ;  $p < 0,001$ ). С пунктирани линии е очертан 90% прогностичен интервал, а точките които излизат извън него са очертани с кръг.

### ***Персентилни оценки***

Персентилните оценки на резултатите от анаеробния тест Уингейт за горната част на тялото могат да бъдат използвани за оценка на анаеробната работоспособност при състезатели по плуване. Подобно на анаеробния тест Уингейт за долната част на тялото възрастовият диапазон на изследваните девойки и юноши е от 13 до 18 години, което определя съществени възрастови различия в показателите от теста. Поради тази причина състезателите от двата пола бяха разделени на три възрастови групи според тези определени от БФПС: юноши и девойки младша възраст (13-14 год.); юноши и девойки старша възраст (15-17 год.); мъже и жени (18+ год.) В тези групи, в които имаше достатъчен брой случаи (юноши и девойки старша възраст), бяха изчислени персентилни оценки за най-информативните показатели от анаеробния тест.

***Таблица 3.16***

*Персентилни оценки (PCTL) на основните показатели от анаеробния тест Уингейт за горната част на тялото за девойки старша възраст (15-17 год.)*

PCTL	PP [W]	PP [W/kg]	AP [W]	AP [W/kg]
99,9%	413,3	6,30	296,8	4,50
87,5%	389,4	6,20	270,8	4,40
75,0%	363,3	5,70	267,0	4,20
62,5%	324,6	5,40	236,0	3,80
50,0%	306,8	5,00	216,6	3,60
37,5%	256,3	4,20	202,3	3,30
25,0%	211,3	3,60	180,4	3,10
12,5%	207,5	3,40	159,7	2,70
1,0%	176,6	3,20	146,5	2,60

**Таблица 3.17**

*Персентилни оценки (PCTL) на основните показатели от анаеробния тест Уингейт за горната част на тялото за юноши старша възраст (15-17 год.)*

PCTL	PP [W]	PP [W/kg]	AP [W]	AP [W/kg]	PCTL	PP [W]	PP [W/kg]	AP [W]	AP [W/kg]
99,9%	915,2	12,40	517,5	6,90	48,1%	537,7	7,85	378,1	5,60
96,2%	772,0	10,10	507,1	6,60	44,4%	522,7	7,70	377,9	5,45
92,5%	744,0	9,90	465,2	6,40	40,7%	515,6	7,70	376,5	5,40
88,8%	694,9	9,60	459,0	6,20	37,0%	514,9	7,60	362,1	5,30
85,1%	685,9	9,40	442,2	6,15	33,3%	501,9	7,20	357,7	5,20
81,4%	674,9	9,35	434,9	6,10	29,6%	487,0	7,20	345,9	5,10
77,7%	656,8	9,20	432,9	6,05	25,9%	486,9	7,20	343,0	5,00
74,0%	633,6	9,00	427,8	6,00	22,2%	480,5	7,20	337,8	4,90
70,3%	603,6	8,50	421,5	5,95	18,5%	445,0	6,90	323,7	4,85
66,6%	600,2	8,40	413,0	5,90	14,8%	438,4	6,40	321,5	4,80
62,9%	594,5	8,30	410,2	5,85	11,1%	424,3	6,40	319,7	4,75
59,2%	581,8	8,25	406,5	5,80	7,4%	412,7	6,20	297,5	4,70
55,5%	558,5	8,00	399,4	5,70	3,7%	343,7	5,10	283,9	4,20
51,8%	557,3	7,90	391,9	5,65	1,0%	318,5	4,20	260,5	3,40

### ***Дискусия върху резултатите от анаеробния тест Уингейт за горната част на тялото***

Вариационния анализ (Таблица 3.12 и Таблица 3.13) установи, че изследваните групи девойки и юноши старша възраст са силно еднородни по отношение на теглото и ръста, което показва хомогенността на двете извадки. Поради ограничения контингент не е представен вариационен анализ за юноши (n=5) и девойки (n=4) младша възраст, както и за възрастова група мъже (n=4) и жени (n=2).

И при двата пола в старша възраст относителните показатели на анаеробната работоспособност имат по-нисък коефициент на вариация от съответните абсолютни показатели. Вариацията е най-ниска при относителната средна мощност (RAP) и най-висока при абсолютния спад на мощността (PD). Този по-нисък коефициент вероятно е в резултат на отстранената вариация, дължаща се на разликата в теглото при абсолютните показатели. Подобно на анаеробния тест Уингейт за долни крайници, поради голямата нееднородност на показателите tPP, PVmax и tVmax и липсата на достоверна корелация, както по между им, така и с всички останали показатели, включително и със спортните постижения, както при девойките, така и при юношите старша възраст, те бяха изключени от анализа.

Спортните постижения на 50, 100 и 200 m свободен стил при девойките и при юношите старша възраст варират в близки граници между 496 и 602 точки по таблицата на ФИНА и съответно имат много нисък коефициент на вариация (от 3,12% до 5,31%). Това показва силна еднородност на извадката и по отношение на спортно техническите качества на състезателите. Постиженията на девойките старша възраст на 50, 100 и 200 m свободен стил са по-бавни с 1,14, 1,19 и 1,17 пъти съответно от тези на юношите. Тази разлика съответства на 1,90 пъти по-голяма максимална мощност (PP) и 1,76 пъти по-голяма средна мощност (AP) на юношите спрямо тази на девойките. Като се има предвид, че необходимата мощност при плуване се увеличава с третата степен на скоростта, то при 1,76 пъти по-малка средна мощност на девойките спрямо юношите, може да се очаква, че скоростта и постижението, трябва да бъдат  $\sqrt[3]{1,76} = 1,20$  пъти по-ниски.

От корелационния анализ (Таблица 3.14 и Таблица 3.15) и при двата пола в старша възраст има достоверна висока корелация между теглото и ръста – за девойки  $r = 0,809$  ( $p < 0,008$ ) и за юноши  $r = 0,528$  ( $p < 0,004$ ). Достоверни корелации на възрастта с антропометричните данни се наблюдават вероятно поради тесните изследвани възрастови диапазони.

Установени бяха достоверни, високи вътрешни корелации, както между показателите от анаеробния тест, така и между плувните резултати и при двата пола в старша възраст. Както при девойките, така и при юношите се забелязва силна взаимна корелация между основните показатели на анаеробния тест – PP, AP и MP. От своя страна по-високата максимална мощност на горната част на тялото (PP) е свързана с по-голям спад в работоспособността (PD) в хода на изследването (корелациите с PD не са представени в таблицата). Също така по-високата реализирана максимална мощност (PP), отговаря на повече извършена работа (AP). При двата пола относителните показатели от теста нямат достоверна корелация с теглото, тъй като неговото влияние е отстранено при изчислението им.

От показателите на анаеробния тест, най-висока корелация със спортния резултат на 50 m свободен стил, и при двата пола има абсолютната средна мощност (AP). При девойките коефициентът на корелация е -0,794 ( $p < 0,011$ ), а при юношите -0,771 ( $p < 0,001$ ). Двата коефициента на корелация не се различават достоверно помежду си ( $p = 0,910$ ).

Други автори също определят средната мощност от анаеробния тест за горната част на тялото (AP), като показател, най-високо корелиращ със скоростта на плуване в спринтовите дисциплини (Hawley & Williams, 1991; Hawley et al., 1992). От друга страна, Rohrs & Stager (1991) докладват за малко по-високи корелации между скоростите на плуване на 25 и 50 ярда и максималната мощност, докато при дистанция 100 ярда отчитат малко по-висока корелация със средната мощност. Други проучвания установяват или

ниски корелационни зависимости на основните показатели от анаеробния тест за горни крайници и спортния резултат (Guilherme et al., 2000), или недостоверни такива (Sarah, 2010).

Корелацията на относителната средната мощност (RAP) със спортния резултат на 50 m е по малка от тази на абсолютната - при девойките  $r = -0,779$  ( $p < 0,013$ ), а при юношите  $r = -0,756$  ( $p < 0,001$ ). Тази по-ниска корелация на относителната спрямо абсолютната средната мощност със спортния резултат, както вече беше посочено в дискусията на резултатите от анаеробния тест за долната част на тялото, съответства на наблюденията на други автори, според които при плуване теглото на тялото е уравновесено от подемната сила на водата и затова относителната мощност не дава по-висока корелация със постижението в сравнение с абсолютната (Yeater et al., 1981; Morouço et al., 2011).

Подобно на резултатите получени от анаеробния тест Уингейт за долната част на тялото, с нарастването на състезателната дистанция при юноши старша възраст корелацията между резултатите от анаеробния тест и спортното постижение намалява. Тази тенденция отчитат и други автори (Guilherme et al., 2000 Rohrs & Stager, 1991). Вероятната причина е вече отбелязаното намаляващото значение на анаеробните системи и увеличаващият се дял на аеробната система с нарастване на състезателната дистанция (вж. Фигура 1.4). Времетраенето на състезателното плуване на 50 m свободен стил е съизмеримо с времето за изпълнение на анаеробния тест за горни крайници и съответно имаме близко разпределение на дяловете на енергообезпечаващите системи (таблица 1.2).

Беше проведен линеен стъпков регресионен анализ за влиянието на основните показатели от анаеробния тест за горни крайници върху постижението на 50 m свободен стил. Единствен аргумент в регресионното уравнение и при двата пола остана показателят за абсолютна средна мощност (AP). Състезателите, чиито постижения на 50 m свободен стил отговарят на точки, лежащи значително над съответните регресионни линии (извън 90%-ния прогностичен интервал - Фигура 3.3 и Фигура 3.4), показват несъответствие между измерената средната мощност и спортното постижение, което в най-голяма степен може да се дължи на две най-вероятни причини: 1) по-неефективната им спрямо средното ниво плувна техника в свободния стил; 2) много ниска анаеробна мощност на долната част на тялото.

Състезателите, чиито постижения на 50 m свободен стил отговарят на точки, които лежат сигнификантно под съответните регресионни линии на Фигура 3.3 и Фигура 3.4, показват по-добри постижения от очакваните за измерената при тях анаеробна мощност. В тези случаи също могат да се обсъждат две най-вероятни причини: 1) много по-ефективна спрямо

средното ниво плувна техника в свободния стил; 2) много висока анаеробна мощност на долната част на тялото.

За да се направят еднозначни заключения в по-горе описаните случаи е необходимо да се направи комплексен анализ на анаеробната работоспособност, който да включи и оценка на анаеробната мощност на долната част на тялото.

Така на Фигура 3.3 се открояват резултатите на 1 състезателка, чиито резултати са над 90% прогностичен интервал (оградена с кръг точка). На Фигура 3.4 се открояват резултатите на 3-ма юноши, чиито резултати са извън 90% прогностичен интервал (оградени с кръг). Двама от тях са над прогностичния интервал (двете горни оградени точки), а един е под прогностичния интервал (долната оградена точка).

По отношение на възрастовата динамика на показателите на анаеробната работоспособност от анаеробния тест Уингейт за горната част на тялото, подобно на резултатите от теста за долната част на тялото, наблюдаваме увеличение на анаеробната работоспособност с увеличаване на възрастта на състезателите. Флуктуациите при 15 и 18 годишни девойки и 18 годишни юноши вероятно се дължат на трансверзалния характер на изследването и малкия брой случаи в тези възрасти ( $n=4$  и  $n=2$  съответно при девойки и  $n=4$  при юноши). Абсолютните стойности на основните показатели нарастват в по-голяма степен спрямо относителните и при двата пола.

Представените персентилни оценки на средната мощност (AP) от анаеробния тест Уингейт за долната част на тялото за девойки и юноши старша възраст (Таблица 3.9 и Таблица 3.11) имат само ориентировъчен характер. В бъдеще е необходимо системно възрастово проследяване на показателите на анаеробната работоспособност на горната част на тялото при елитните състезатели по плуване в България.

## **Анаеробен тест на специфичен изокинетичен тренажор**

### ***Вариационен анализ***

В Таблица 3.18 е представен вариационния анализ на антропометричните показатели, резултатите от анаеробния тест на специфичен изокинетичен тренажор и плувните постижения на изследваните девойки старша възраст (15-17 години). Средния ръст на състезателките беше -  $171,2 \pm 4,02$  cm, а средно тегло -  $59,8 \pm 3,68$  kg. Коефициентите на вариация и при двата показателя бяха ниски: 2,38% до 6,16% съответно. Абсолютната стойност на средната мощност (AP) беше  $134,9 \pm 18,15$  W, а относителната средна мощност (RAP) -  $2,25 \pm 0,22$  W/kg. Коефициентът на вариация на абсолютния показател за средна мощност

беше по-висок (13,46%) в сравнение с този на относителния (9,77%). Средният темп по време на теста беше  $49,67 \pm 4,63$ , при коефициент на вариация 9,33%, а средната крачка -  $1,02 \pm 0,08$  m, при коефициент на вариация 7,92%. Средните стойности на плувните постижения бяха следните: на 50 m свободен стил -  $28,62 \pm 0,75$  s което се оценява на 514 точки по таблицата на ФИНА, на 100 m свободен стил –  $63,18 \pm 3,24$  s (503 точки по ФИНА) и на 200 m свободен стил –  $136,35 \pm 5,63$  s (531 точки по ФИНА). Коефициентите на вариация на спортните постижения бяха между 2,61 и 5,14%, което показва силна еднородност на резултатите. Всички изследвани показатели при девойките показват нормално разпределение на резултатите.

**Таблица 3.18**

*Вариационен анализ на антропометричните показатели, резултатите от анаеробния тест на изокинетичен тренажор и плувните постижения на изследваните девойки старша възраст (15-17 години).*

Variables ♀	n	Range	X <sub>min</sub>	X <sub>max</sub>	ND	$\bar{x}$	SD	V%
Height [cm]	6	10,0	167,0	177,0	yes	<b>171,2</b>	4,02	2,35
Weight [kg]	6	10,1	53,7	63,8	yes	<b>59,8</b>	3,68	6,16
AP [W]	6	40,2	113,7	153,9	yes	<b>134,9</b>	18,15	13,46
RAP [W/kg]	6	0,57	1,91	2,48	yes	<b>2,25</b>	0,22	9,77
TW [J]	6	1206,0	3410,0	4616,0	yes	<b>4046,0</b>	544,42	13,46
AF [N]	6	30,6	65,6	96,2	yes	<b>81,7</b>	10,51	12,86
StrR [spm]	6	14,0	42,0	56,0	yes	<b>49,7</b>	4,63	9,33
StrL [m]	6	0,22	0,92	1,14	yes	<b>1,02</b>	0,08	7,92
50 m [s]	6	1,98	27,14	29,12	yes	<b>28,62</b>	0,75	2,61
100 m [s]	3	6,07	59,48	65,55	yes	<b>63,18</b>	3,24	5,14
200 m [s]	3	10,07	129,86	139,93	yes	<b>136,35</b>	5,63	4,13

ND – нормално разпределение

В Таблица 3.19 е представен вариационния анализ на антропометричните показатели, резултатите от анаеробния тест на специфичен изокинетичен тренажор и плувните постижения на изследваните юноши старша възраст (15-17 години). Средният ръст на участниците беше -  $179,9 \pm 6,18$  cm, а средно тегло -  $69,9 \pm 6,06$  kg. Коефициентите на вариация и при двата антропометрични показатели беше нисък (3,43% и 8,67% съответно). Абсолютната стойност на средната мощност (AP) беше  $219,3 \pm 23,65$  W, а относителната средна мощност (RAP) -  $3,15 \pm 0,33$  W/kg. Коефициентите на вариация на абсолютния и относителния показател за средна мощност бяха близки (10,78% и 10,53% съответно). Темпът беше  $56,9 \pm 5,80$ , с коефициент на вариация 10,19%, а крачката -  $1,02 \pm 0,10$  m, с коефициент на вариация 10,23%. Средните стойности на постиженията бяха: на 50 m свободен стил –  $24,85 \pm 0,91$  s



което се оценява с 541 точки по таблицата на ФИНА, на 100 m свободен стил –  $54,65 \pm 2,57$  s (556 точки по ФИНА) и на 200 m свободен стил –  $119,70 \pm 5,83$  s (572 точки по ФИНА). Коефициентите на вариация при спортните постижения бяха между 3,65 и 4,87%, което показва, че резултатите са силно еднородни. При юношите от всички изследвани показатели, единствено ръста и темпа показваха разпределение различно от нормалното.

**Таблица 3.19**

*Вариационен анализ на антропометричните показатели, резултатите от анаеробния тест на изокинетичен тренажор и плувните постижения на изследваните юноши старша възраст (15-17 години).*

Variables ♂	n	Range	X <sub>min</sub>	X <sub>max</sub>	ND	$\bar{x}$	SD	V%
Height [cm]	16	25,0	165,0	190,0	no	<b>179,9 #</b>	6,18	3,43
Weight [kg]	16	23,5	58,2	81,7	yes	<b>69,9 #</b>	6,06	8,67
AP [W]	16	71,7	188,8	260,5	yes	<b>219,3 &amp;</b>	23,65	10,78
RAP [W/kg]	16	1,24	2,55	3,80	yes	<b>3,15 &amp;</b>	0,33	10,53
TW [J]	16	2152,0	5664,0	7816,0	yes	<b>6580 &amp;</b>	709,50	10,78
AF [N]	15	63,3	93,1	156,4	yes	<b>115,2 &amp;</b>	16,54	14,36
StrR [spm]	15	22,0	44,0	66,0	no	<b>56,9 *</b>	5,80	10,19
StrL [m]	16	0,38	0,89	1,27	yes	<b>1,02</b>	0,10	10,23
50 m [s]	16	2,84	23,74	26,58	yes	<b>24,85 &amp;</b>	0,91	3,65
100 m [s]	12	7,36	52,18	59,54	yes	<b>54,65 &amp;</b>	2,57	4,70
200 m [s]	11	20,03	112,69	132,72	yes	<b>119,70 #</b>	5,83	4,87

\* -  $p < 0,05$ ; # -  $p < 0,01$ ; & -  $p < 0,001$  спрямо девойките; ND – нормално разпределение

От вариационния анализ (Таблица 3.18 и Таблица 3.19) се вижда, че дължината на загребване е единственият показател, който не се различава достоверно между двата пола в тази възрастова група.

### **Корелационен анализ**

В Таблица 3.20 е представен корелационен анализ на антропометричните показатели, резултатите от анаеробния тест на изокинетичен тренажор и плувните постижения на изследваните девойки. Единствената достоверна корелация между антропометричните показатели е тази между ръста и теглото ( $r = 0,758$ ;  $p < 0,018$ ). Абсолютните и относителните стойности на средната мощност (AP и RAP) показват високи корелации с теглото и възрастта, като най-висока е тази на средната мощност (AP) и теглото ( $r = 0,873$ ;  $p < 0,002$ ). Наблюдава се закономерна висока положителна корелация между дължината на загребването и ръста ( $r = 0,795$ ;  $p < 0,010$ ). Достоверни корелационни зависимости със спортното постижение на 50 m се наблюдават с възрастта, ръста, теглото, показателите

за средна мощност (AP и RAP) и дължината на загребването. Най-висока е корелацията между средната мощност (AP) и спортното постижение на 50 m свободен стил ( $r = -0,827$ ;  $p < 0,006$ ). Между показателите от анаеробния тест се забелязва статистически значима корелационна зависимост единствено между абсолютните и относителните стойности средната мощност (AP и RAP) ( $r = 0,973$ ;  $p < 0,001$ ). Високи корелации се наблюдават и между спортните постижения на 50, 100 и 200 m свободен стил.

**Таблица 3.20**

*Корелационен анализ на антропометричните показатели, резултатите от анаеробния тест на изокинетичен тренажор и плувните постижения на изследваните девойки.*

♀ Isokinetic swimbench		Age	Height	Weight	AP	RAP	StrR	StrL	50 m	100 m
Height	corr. sig.	0,589 0,095	1,000							
Weight	corr. sig.	0,547 0,128	<b>0,758</b> <b>0,018</b>	1,000						
AP	corr. sig.	0,680 0,044	0,579 0,102	<b>0,873</b> <b>0,002</b>	1,000					
RAP	corr. sig.	0,700 0,036	0,442 0,233	0,740 0,023	<b>0,973</b> <b>0,000</b>	1,000				
StrR	corr. sig.	0,166 0,670	-0,513 0,158	-0,097 0,803	0,182 0,640	0,312 0,414	1,000			
StrL	corr. sig.	0,350 0,356	<b>0,795</b> <b>0,010</b>	0,694 0,038	0,622 0,073	0,521 0,150	-0,619 0,075	1,000		
50 m	corr. sig.	-0,745 0,021	-0,763 0,017	-0,819 0,007	<b>-0,827</b> <b>0,006</b>	-0,757 0,018	0,173 0,657	<b>-0,791</b> <b>0,011</b>	1,000	
100 m	corr. sig.	-0,749 0,145	-0,973 0,005	-0,795 0,108	-0,815 0,093	-0,784 0,116	0,208 0,738	-0,852 0,067	0,939 0,018	1,000
200 m	corr. sig.	-0,621 0,264	-0,972 0,006	-0,658 0,227	-0,680 0,207	-0,647 0,238	0,406 0,497	-0,937 0,019	0,871 0,054	0,977 0,004

С плътна линия са очертани корелациите между еднородни показатели (само антропометрични, само от анаеробния тест или само плувни постижения)

В Таблица 3.21 е представен вариационен анализ на антропометричните показатели, резултатите от анаеробния тест на изокинетичен тренажор и плувните постижения на изследваните юноши. Наблюдават се положителни значителни корелации между възрастта, ръста и теглото, като най-висока е между ръста и теглото ( $r = 0,751$ ;  $p < 0,001$ ). Показателят средна мощност (AP) корелира достоверно с възрастта, ръста и теглото, като получените коефициенти на корелация са сравнително близки (от 0,684 до 0,697;  $p < 0,001$ ). Относителната средна мощност (RAP) корелира единствено с възрастта ( $r = 0,640$ ;  $p < 0,002$ ). Спортното постижение на 50 m свободен стил корелира с: възрастта, ръста, теглото и показателите за средна мощност (AP и RAP). Най-висока е корелацията между спортното постижение на 50 m свободен стил и средната мощност

(AP)( $r = -0,795$ ;  $p < 0,001$ ). Между показателите от теста се наблюдават статистически достоверни корелации: между абсолютната средна мощност (AP) и относителната средна мощност (RAP) ( $r = 0,816$ ;  $p < 0,001$ ) и между дължината и честотата на загребванията ( $r = -0,840$ ;  $p < 0,001$ ). Високи достоверни корелации се наблюдават между спортните постижения на 50, 100 и 200 m свободен стил.

**Таблица 3.21**

*Корелационен анализ на антропометричните показатели, резултатите от анаеробния тест на изокинетичен тренажор и плувните постижения на изследваните юноши.*

♂ Isokinetic swimbench		Age	Height	Weight	AP	RAP	StrR	StrL	50 m	100 m
Height	corr. sig.	0,558 0,011	1,000							
Weight	corr. sig.	0,444 0,050	<b>0,751</b> <b>0,000</b>	1,000						
AP	corr. sig.	0,697 0,001	0,684 0,001	0,697 0,001	1,000					
RAP	corr. sig.	0,640 0,002	0,339 0,144	0,163 0,493	0,816 0,000	1,000				
StrR	corr. sig.	0,155 0,527	0,090 0,714	0,025 0,920	0,219 0,368	0,287 0,234	1,000			
StrL	corr. sig.	0,319 0,171	0,231 0,327	0,241 0,306	0,222 0,346	0,120 0,613	<b>-0,840</b> <b>0,000</b>	1,000		
50 m	corr. sig.	-0,724 0,000	-0,769 0,000	-0,693 0,001	<b>-0,795</b> <b>0,000</b>	-0,559 0,010	-0,212 0,384	-0,175 0,461	1,000	
100 m	corr. sig.	-0,607 0,013	-0,784 0,000	-0,663 0,005	-0,818 0,000	-0,626 0,009	-0,325 0,238	-0,084 0,756	0,962 0,000	1,000
200 m	corr. sig.	-0,439 0,116	-0,629 0,016	-0,401 0,156	-0,642 0,013	-0,449 0,107	-0,398 0,178	0,210 0,472	0,897 0,000	0,924 0,000

С плътна линия са очертани корелациите между еднородни показатели (само антропометрични, само от анаеробния тест или само плувни постижения)

### **Регресионен анализ**

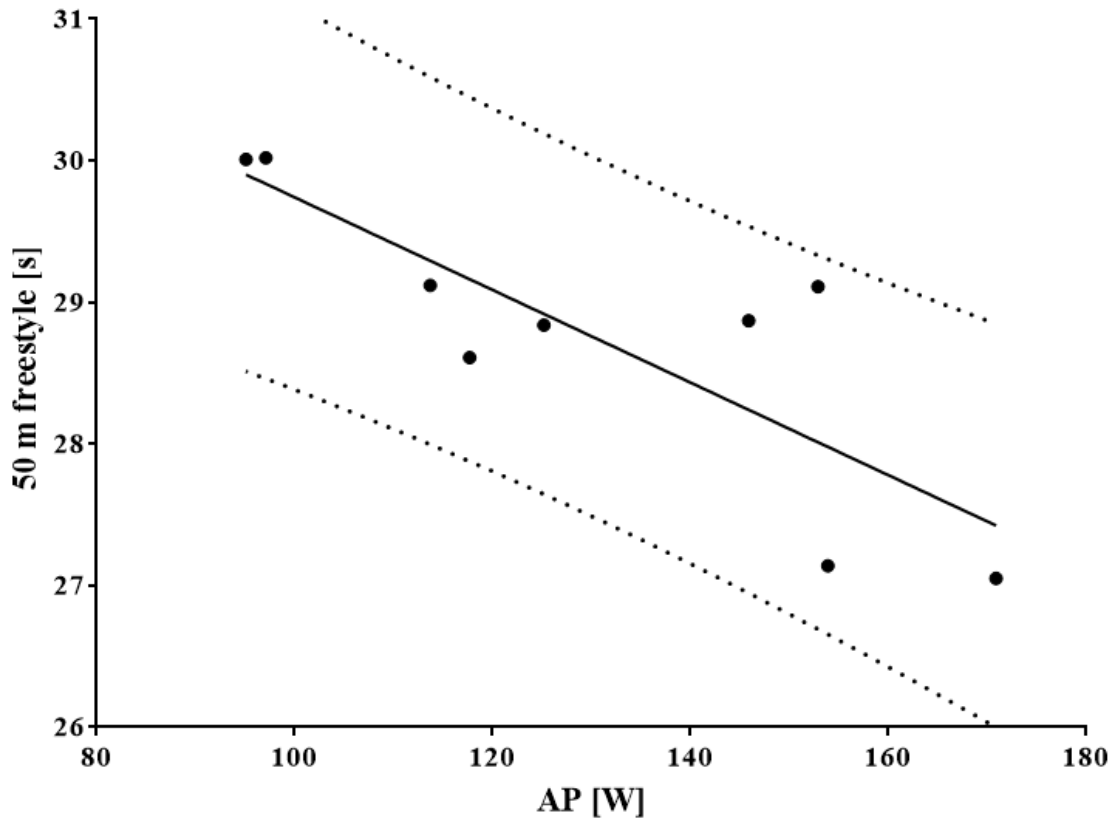
За оценка на влиянието на изследваните антропометрични показатели и тези получени от анаеробния тест на изокинетичен тренажор върху постижението на 50 m свободен стил беше проведен множествен регресионен стъпков анализ по отделно за двата пола. В стъпковата регресия като независими променливи бяха включени възрастта, ръста, теглото и основни показатели от анаеробния тест: AP, RAP, StrR, StrL и AF.

От проведения стъпков регресионен анализ при девойките (Фигура 3.5), като единствен аргумент в регресионното уравнение остава показателят абсолютна средна мощност (AP). Изведеното регресионно уравнение има следния вид:

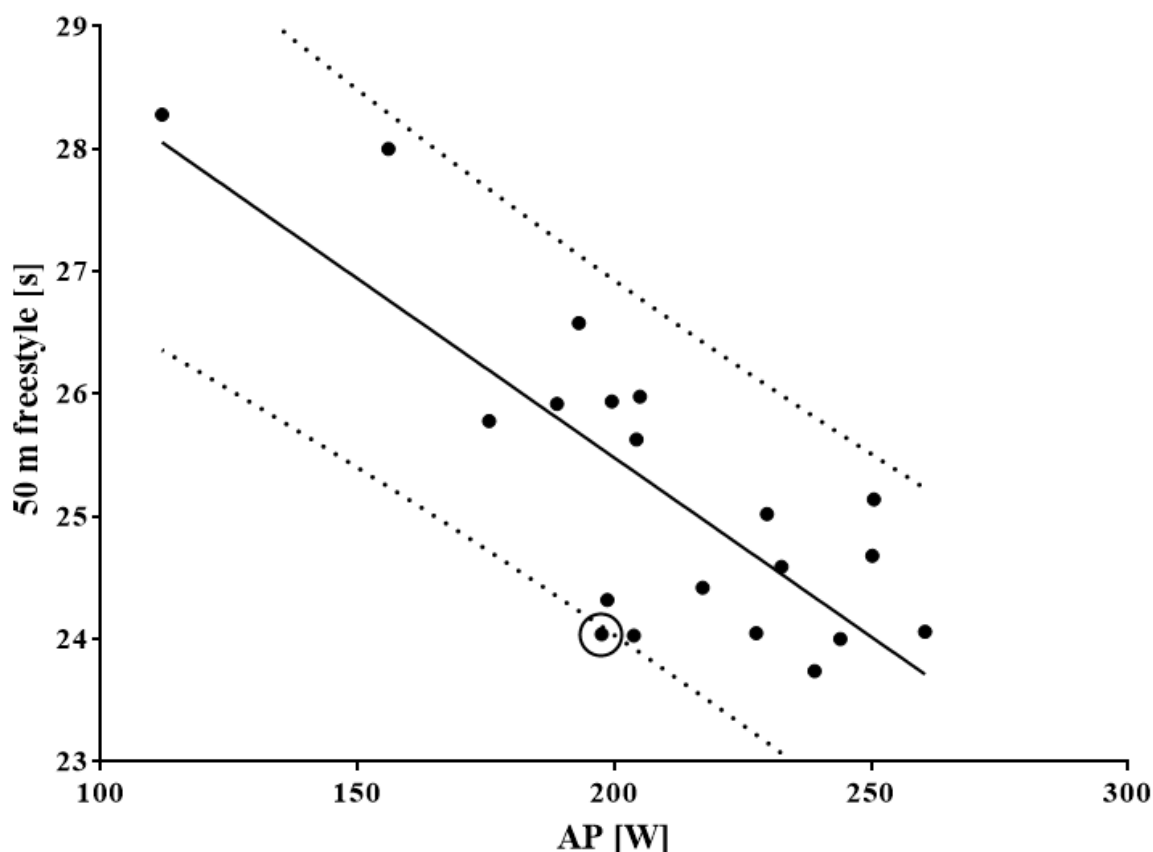
$$50 \text{ m time [s]} = -0,0327 \cdot \text{AP [W]} + 33,01 \quad (r = -0,827; p < 0,006)$$

От проведения стъпков регресионен анализ при юношите (Фигура 3.6), като единствен аргумент в регресионното уравнение също остава само показателят абсолютна средна мощност (AP). Изведеното регресионно уравнение има следния вид:

$$50 \text{ m time [s]} = -0,0292 \cdot \text{AP [W]} + 31,32 \quad (r = -0,795; p < 0,001)$$



**Фигура 3.5** Графично представяне на линейното регресионно уравнение за зависимостта на сп. постижение от средната мощност (AP), развита при анаеробния тест на изокинетичен тренажор при девойки ( $r = -0,827$ ;  $p < 0,001$ ). С пунктирани линии е очертан 90%-ния прогностичен интервал, а точките които излизат извън него са очертани с кръг.



**Фигура 3.6** Графично представяне на линейното регресионно уравнение за зависимостта на сп. постижение от средната мощност (AP), развита при анаеробния тест на изокинетичен тренажор при юноши ( $r = -0,795$ ;  $p < 0,001$ ). С пунктирани линии е очертан 90%-ния прогностичен интервал, а точките които излизат извън него са очертани с кръг.

### Персентилни оценки

Както при неспецифичните анаеробните тестове за горна и долна част на тялото (Уингейт), нормативи за оценка са направени за най-информативните показатели от анаеробния тест на изокинетичен тренажор. Изготвени първоначални, ориентировъчни персентилни оценки само за юноши старша възраст (15 - 17 год.) на базата на резултатите на 16 изследвани лица (Таблица 3.22).

**Таблица 3.22**

*Персентилни оценки (PCTL) на основните показатели от анаеробния тест на изокинетичен тренажор при юноши старша възраст (n = 16)*

PCTL	AP [W]	AP [W/kg]	PCTL	AP [W]	AP [W/kg]
99,9%	260,5	3,80	46,6%	205,0	3,17
93,3%	250,5	3,56	40,0%	204,3	3,05
86,6%	250,2	3,45	33,3%	203,8	3,04
80,0%	244,0	3,43	26,6%	199,5	3,02
73,3%	239,0	3,32	20,0%	198,6	2,86
66,6%	229,7	3,28	13,3%	197,5	2,84
60,0%	227,6	3,21	6,6%	193,1	2,63
53,3%	217,2	3,19	1,0%	188,8	2,55

### ***Дискусия върху резултатите от анаеробния тест на изокинетичен тренажор***

Вариационният анализ на състезателите от двата пола в старша възраст (Таблица 3.18 и Таблица 3.19) показва силна еднородност на извадката по отношение на ръста и теглото (V% между 2,35% и 8,67%). Резултатите от анаеробния тест на изокинетичен тренажор, при девойки и юноши старша са сравнително еднородни с коефициенти на вариация между 7,92% и 14,36%. Подобна на другите два анаеробни тестове показателят за относителна средна мощност (RAP) при специфичния тест има по-нисък коефициент на вариация от този за абсолютната средна мощност (AP) и при двата пола в старша възраст, което вероятно е резултат на отстранената вариация, дължаща се на разликата в теглото при абсолютния показател.

Показателя за дължина на загребване на девойките и юношите старша възраст е практически еднаква. За сметка на това юношите демонстрират значително по-висок темп (56,9 срещу 49,7 spm).

Спортните резултати на 50, 100 и 200 m свободен стил при двата пола в старша възраст се оценяват от 503 до 572 точки по таблицата на ФИНА и имат много нисък коефициент на вариация (от 2,61% до 5,14%). Това показва силна еднородност на извадката и по отношение на спортно техническите качества на състезателите подобно на плувните резултати получени при другите два анаеробни теста. Постиганията на девойките старша възраст на 50, 100 и 200 m свободен стил са по-бавни 1,15, 1,16 и 1,14 пъти съответно от тези на юношите. Тази разлика съответства на 1,63 пъти по-голяма абсолютна средна мощност (AP) на юношите спрямо тази на девойките, като се има предвид, че необходимата мощност при плуване се увеличава с третата степен на скоростта ( $\sqrt[3]{1,63} = 1,18$ ).

От корелационния анализ (Таблица 3.20 и Таблица 3.21) и при двата пола най-високата достоверна корелация между възрастта, ръста и теглото е тази между ръста и теглото  $r = 0,758$  ( $p < 0,018$ ) за девойки и  $r = 0,751$  ( $p < 0,001$ ) за юноши. При девойките ръста корелира достоверно с дължината на загребването, докато при юношите не се наблюдават корелации между тези два показателя. Достоверна корелация между дължината и честотата на загребванията има само при юноши. При девойки и юноши се наблюдават достоверни високи корелации между абсолютната и относителната средна мощност. И при двата пола са установени високи вътрешни корелации между плувните резултати. Възрастта, ръста и теглото при девойките и юношите корелира достоверно с резултатите на 50 m свободен стил. От показателите на анаеробния тест, най-висока корелация със спортния резултат на 50 m свободен стил, и при двата пола има средната мощност (AP). При девойките коефициентът на корелация е 0,827 ( $p < 0,006$ ), а при юношите 0,795 ( $p < 0,001$ ). Коефициентите на корелация между жените и мъжете не се различават достоверно ( $p = 0,843$ ). Тъй като нарастването на мощността е свързано и с увеличаване на възрастта на състезателите, е възможно усъвършенстването на технически умения при по-големия спортен стаж да определя по-ефективното използване на анаеробната мощност при плуване. За това бяха изчислени парциалните коефициенти на корелация между спортното постижение на 50 m свободен стил и средната мощност, контролирани по отношение на възрастта. Бяха получени следните коефициенти на корелация  $r = -0,656$  ( $p < 0,049$ ) при девойките и  $r = -0,588$  ( $p < 0,008$ ) при юношите. Това показва известно положително влияние на възрастта и при двата пола. Показателя относителна средна мощност (RAP) подобно на другите тестове има по-ниска корелация със спортното постижение и при двата пола.

Само при девойките се наблюдава достоверна отрицателна корелация между спортното постижение и дължината на загребването, която се дължи на положителния ефект от по-голямата дължина на загребване върху скоростта на плуване. При мъжете беше установена достоверна отрицателна корелация между честотата и дължината на загребването, която се дължи на закономерното намаляване на дължината при увеличаване на честотата на загребване.

При девойките има остатъчна достоверна корелация между относителната мощност (RAP) и теглото, което показва по-сложна зависимост между RAP и теглото на спортистките. При мъжете относителната мощност (RAP) няма достоверна корелация с теглото, тъй като неговото влияние е отстранено в по-голяма степен при изчислението на RAP.

Описаните в литературния обзор източници, третиращи връзката между плувните постижения и резултатите от специфични тестове на

плувни тренажори (Johnson et al., 1993; Costill et al., 1986; Sharp et al., 1982; Sharp, 1986; Reilly & Bayley, 1988; Takahashi 1992), показват големи различия по отношение както на конструкцията на използваните тренажори, така и по отношение на тестираните параметри. Това прави сравнението на изводите от тези източници с тези от настоящото изследване много трудно. Така например Johnson et al. (1993) изследват 29 мъже плувци, като използват плувен тренажор биокинетик. Но те използват като критерии извършената работа на тренажор при 3 максимални загребвания и намират висока корелационна зависимост с постижението на 25 ярда ( $r = 0,74$ ).

Абсолютната и относителната средна мощност при жените показват достоверни корелации само с постижението на 50 m свободен стил. Достоверна корелация на AP и RAP при мъжете се наблюдава както с 50 така и със 100 m. Липсата на достоверна корелация с постиженията на 100 и 200 m при девойките и на 200 m при юношите най-вероятно се дължи на малкия бори случаи и увеличаване на времетраенето за преплуване на дистанцията над времетраенето на теста. И при двата пола са отчетени пониски корелации на спортното постижение с RAP.

След проведения линеен стъпков регресионен анализ за влиянието на показателите от анаеробния тест на изокинетичен тренажор върху постижението на 50 m свободен стил и при двата пола, както и при другите 2 анаеробни теста, единствен аргумент в регресионното уравнение остана показателят средна мощност (AP).

Не бяха наблюдавани състезатели чиито постижения на 50 m свободен стил да отговарят на точки, които лежат значително над съответните регресионни линии (извън 90%-ния прогностичен интервал - Фигура 3.5 и Фигура 3.6). За разлика от анаеробния тест Уингейт, техниката при теста на изокинетичен тренажор е близка до тази в свободния стил. Вероятно поради тази причина в настоящото изследване не се наблюдават големи несъответствия между измерената средната мощност на изокинетичен тренажор и спортното постижение. Наличието на резултати над прогностичния интервал при бъдещи тестирания може да се дължи на ниска мощност на долните крайници и/или грешки в общата координация на движенията при стил кроул.

Наблюдава се само при един състезател, чиито постижения на 50 m свободен стил лежат сигнификантно под съответните регресионни линии (Фигура 3.6). Тази разлика показва по-добро постижение от предвиденото за съответната реализирана мощност на плувен тренажор. Тъй като техниката на двете натоварвания (плуване и тест на плувен тренажор) са близки, това наблюдение може да се обясни с много висока мощност на долната част на тялото, която има значение за резултата в спринтовите дисциплини и/или по-обтекаема позиция на тялото, по-добра обща координация на движенията в свободния стил във водата и други фактори



на плувното постижение, които не са обект на настоящото изследване. Както при съпоставянето на резултатите от анаеробните тестове Уингейт за долната и горната част на тялото, така и тук виждаме необходимостта от комплексен анализ на резултатите от повече от един анаеробен тест.

Анаеробната работоспособност измерена чрез анаеробния тест на изокинетичен тренажор, както и при тестовете Уингейт за долна и горна част на тялото нараства с възрастта на състезателите. Сходни резултати се наблюдават и от други автори. Неравномерното нарастване на мощността на девойките може да се дължи на недостатъчен брой случаи и трансверзалния характер на изследването.

Представените персентилни оценки на средната мощност (AP) от анаеробния тест на изокинетичен тренажор за юноши старша възраст (Таблица 3.22) имат само ориентировъчен характер. В бъдеще е необходимо тези персентилни оценки е да бъдат прецизирани на базата на по-голям брой случаи и разширени за всички останали възрастови групи.

### **Съотношения и корелации между резултатите от трите анаеробни лабораторни теста**

С цел анализ на съотношенията и корелациите между показателите от трите проведени анаеробни тестове бяха отделени резултатите само на състезателите изпълнили и трите теста в рамките на две седмици. На това условие, от общо изследвани 98 състезатели, отговаряха резултатите само на 26 от тях (8 девойки и 18 юноши).

В Таблица 3.23 са представени средните резултати на изпълнилите в рамките на две седмици и трите анаеробни теста девойки и юноши. Абсолютната и относителната максимална мощност на долната част на тялото от теста Уингейт при девойки е  $1,90 \pm 0,39$  пъти по-голяма от тези, регистрирани при теста Уингейт за горната част на тялото. При юношите абсолютната и относителната максимална мощност на долната част на тялото от теста Уингейт е  $1,51 \pm 0,25$  пъти по-голяма от регистрираните за горната част на тялото и това съотношение е достоверно по-малко от същото при девойките ( $p < 0.001$ ).

Абсолютната и относителната средна мощност от анаеробния тест Уингейт за долната част на тялото при девойки са  $1,97 \pm 0,34$  пъти, по-големи от тази регистрирани при анаеробния тест Уингейт за горна част на тялото. Абсолютната и относителната средна мощност на юношите е  $1,60 \pm 0,14$  пъти по-висока от теста за долна спрямо теста за горна част на тялото и е достоверно по-малко от това при девойките ( $p < 0.001$ ).

Абсолютната и относителната средна мощност от анаеробния тест на изокинетичен тренажор са най-ниски от измерените при трите теста. Средната мощност на девойките от този тест е  $1,62 \pm 0,25$  пъти по-ниска от

тази изчислена при теста Уингейт за горна част на тялото. Абсолютната и относителната средна мощност на юношите от теста на изокинетичен тренажор е  $1,78 \pm 0,18$  пъти по-ниска, от тази на от тази при теста Уингейт за горна част на тялото, като съотношенията не се различават достоверно между двата пола.

И при двата пола абсолютната и относителната средна мощност от анаеробния тест Уингейт за горната част на тялото са по-високи от тези при теста на изокинетичен тренажор. Това се дължи на факта, че работата на ръчен ергометър е по-ефективна отколкото тази на биокинетик, поради синергичното действие на ръцете при въртене на ръкохватките на ръчния ергометър. В този случаи по времето на единия полуоборот лявата ръка избутва едната ръкохватка, едновременно с това дясната тегли другата ръкохватка, а по време на другия полуоборот става обратното. За разлика от това, при работата с изокинетичния тренажор, докато едната ръка създава мощност във фазите на загребване, другата ръка не създава такава при връщането си в изходно положение напред.

**Таблица 3.23**

*Средни стойности на абсолютните и относителните показатели за мощност от трите анаеробни теста при девойки и юноши.*

	Women ♀			Men ♂		
	Wingate lower body	Wingate upper body	Isokinetic Biometer	Wingate lower body	Wingate upper body	Isokinetic Biometer
PP	533,2	290,4	-	792,7	544,1	-
RPP	9,08	4,94	-	11,55	7,78	-
AP	407,9	211,7	131,8	589,9	374,0	210,7
RPP	6,96	3,60	2,24	8,58	5,36	3,03

В Таблица 3.24 и Таблица 3.25 са представени резултатите от корелационния анализ между показателите за средна мощност от трите анаеробни тест и спортното постижение на 50 m свободен стил при девойки и юноши съответно.

При девойките (Таблица 3.24) има високи взаимна корелация между средните мощности от трите анаеробни теста, както и между тях и спортното постижение. Нито един от коефициентите на корелация не се различават статистически достоверно от останалите, вероятно поради малкия брой случаи.

**Таблица 3.24**

*Корелационен анализ на показателите за средна мощност [AP] от трите анаеробни теста и спортното постижение на 50 m свободен стил при девойки.*

Women ♀		Isokinetic Biometer	Wingate upper body	Wingate lower body	50 m
Isokinetic Biometer	corr. sig.	1,000			
Wingate upper body	corr. sig.	<b>0,738</b> <b>0,037</b>	1,000		
Wingate lower body	corr. sig.	<b>0,819</b> <b>0,013</b>	<b>0,750</b> <b>0,032</b>	1,000	
50 m	corr. sig.	<b>-0,850</b> <b>0,007</b>	<b>-0,716</b> <b>0,046</b>	<b>-0,687</b> <b>0,060</b>	1,000

При юношите (Таблица 3.25) също се наблюдава взаимна корелация между средните мощности от трите анаеробни теста, както и между тях и спортното постижение. Няма достоверни разлики между които и да е два корелационни коефициента, също поради неголемия брой случаи.

**Таблица 3.25**

*Корелационен анализ на показателите за средна мощност [AP] от трите анаеробни теста и спортното постижение на 50 m свободен стил при юноши.*

Men ♂		Isokinetic Biometer	Wingate upper body	Wingate lower body	50 m
Isokinetic Biometer	corr. sig.	1,000			
Wingate upper body	corr. sig.	<b>0,813</b> <b>0,000</b>	1,000		
Wingate lower body	corr. sig.	<b>0,745</b> <b>0,000</b>	<b>0,876</b> <b>0,000</b>	1,000	
50 m	corr. sig.	<b>-0,779</b> <b>0,000</b>	<b>-0,867</b> <b>0,000</b>	<b>-0,816</b> <b>0,000</b>	1,000

Наблюдаваните и при двата пола високи коефициенти на корелация между средните мощности от различните тестове от една страна и средните мощности и спортното постижение от друга, показват, че при повечето състезатели по плуване неспецифичната анаеробна мощност на долната част на тялото и специфичната и неспецифичната анаеробна мощност на горната част на тялото се развиват в определени пропорции и играят голяма роля при формирането на постиженията в спринтовите дисциплини в плуването.

При контрола в плуването представляват интерес състезателите с ниски възрастови персентилни оценки по отношение на показателите на

анаеробната работоспособност, както и тези, чиито резултати се отклоняват значително от предвидените от регресионните анализи.

Интерпретацията на резултатите от отделните анаеробните тестове показват, че използването им в комплекс, създава основа за извеждане на еднозначни препоръки за оптимизиране на подготовката на изследваните състезатели. В хода на дисертацията бяха показани конкретни примери илюстриращи този извод.

В следващата глава – „Комплексна оценка на анаеробната работоспособност“ е направен опит за получаване на еднозначни изводи на за целите на контрола в плуването на основата на резултати от повече от един тест и персентилните им оценки.

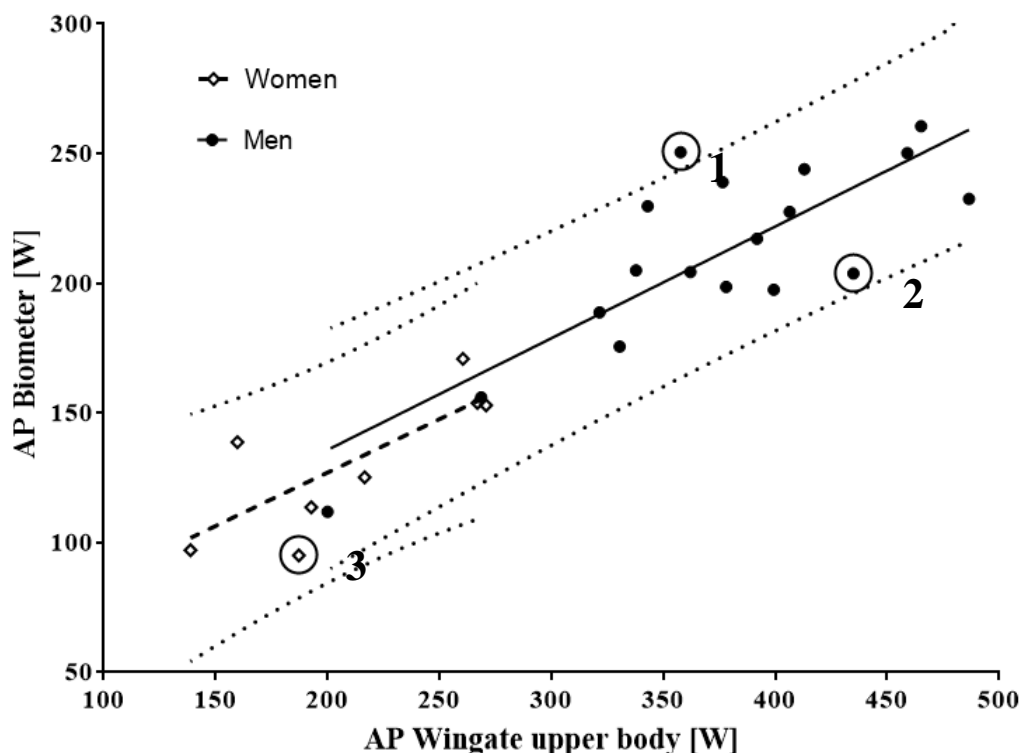
### **Комплексна оценка на анаеробната работоспособност**

При анализа на регресионните уравнения, получени от проведените по отделно анаеробни тестове за горна и долна част на тялото, се достигна до няколко възможни тълкувания на получените резултати. За това беше направена комплексна оценка на анаеробната работоспособност на плувците, която включва едновременно резултатите от различните тестове. Като най-адекватен статистически метод в осъществяване на този подход беше избран множествения регресионен анализ.

#### ***Комплексен анализ на резултатите от анаеробния тест Уингейт за горна част на тялото и анаеробния тест на изокинетичен тренажор***

За да се оцени влиянието на ефективността на използване на анаеробната мощност на горната част на тялото при специфичното натоварване (плуване в свободен стил), беше направена комплексна оценка на резултатите от анаеробния тест Уингейт за горната част на тялото и анаеробния тест на изокинетичен тренажор. Корелационен анализ между средните мощности на тези два теста вече беше представен в предишната глава, където участват едни и същи изследвани лица.

На Фигура 3.7 заедно са представени графично резултатите от проведените по отделно за девойки и юноши регресионни анализи.



**Фигура 3.7** Графично представяне на линейните регресионни уравнения за зависимостта между средните мощности от анаеробния тест Уингейт и теста на изокинетичен тренажор при девойки (прекъсната линия) и юноши (непрекъсната линия). С пунктирани линии е очертан 90% прогностичен интервал, а с кръг са очертани точките, които са обект на анализ в текста.

На Фигура 3.7 се наблюдава един състезател (означен на фигурата с №1), който показва много по-добра средна мощност на теста на изокинетичен тренажор от колкото може да се очаква от теста Уингейт за горната част на тялото. За целите на анализа освен резултатите на този състезател бяха анализирани и резултатите на още едни състезател (означен на фигурата с №2) и на една състезателка (означена на фигурата с №3), които се доближават до долния 90%-тен прогностичен интервал. В Таблица 3.26 са представени плувните постижения, резултатите и персентилните оценки на средната мощност от анаеробния тест Уингейт за горна част на тялото и теста на изокинетичен тренажор на избраните състезатели.

**Таблица 3.26**

*Плувни постижения, резултати и персентилни оценки (PCTL) на средната мощност от анаеробния тест Уингейт за горна част на тялото и теста на изокинетичен тренажор при девойки и юноши обект на анализ.*

№	Time 50 m [s]	AP Bio [W]	RAP Bio [W/kg]	AP upper body [W]	RAP upper body [W/kg]	AP lower body [W]	RAP lower body [W/kg]
№1	25,14	250,5	3,8	357,7	5,4	567,7	8,6
PCTL	-	93,3%	99,9%	33,3%	40,7%	34,2%	55,2%
№2	24,03	203,8	3,0	434,9	6,4	622,9	9,3
PCTL	-	33,3%	26,6%	81,4%	92,5%	68,4%	84,2%
№3	30,01	95,1	1,8	187,2	3,6	395,6	7,5
PCTL	-	-	-	25,0%	50,0%	87,5%	93,7%

Състезател №1 използва голяма част от анаеробната мощност на горната част на тялото (357,7 W) при специфично натоварване на изокинетичен тренажор (250,5 W) или 70% при средно 57% за изследваните юноши. Неговите резултати от теста на плувен тренажор (AP Bio и RAP Bio) имат високи персентилни оценки (Таблица 3.26). Този състезател има по-ниски персентилни оценки на средната мощност (AP и RAP) от неспецифичните тестове Уингейт за долна и горна част на тялото (Таблица 3.26). За подобряване на постижението при този състезател може да се препоръча повишаване на анаеробната мощност на долната част на тялото чрез неспецифични и специфични методи.

Състезател №2 използва малка част от анаеробната мощност на горната част на тялото при специфично натоварване на изокинетичен тренажор - 47%, при 57% средно за юноши. Неговите резултати от теста на изокинетичен тренажор (AP Bio и RAP Bio) имат ниски персентилни оценки (Таблица 3.26). Този състезател има значително по-високи от средните персентилни оценки от тестовите Уингейт за горната и долната част на тялото. Въпреки, че този състезател притежава висока анаеробна мощност той не може да я приложи във специфични натоварвания (плуване в свободен стил). При този състезател е необходимо да бъде направена оценка на техническите параметри на загребването в свободния стил и да бъде подобрена анаеробната мощност на специфичните мускулни групи. Това може да бъде постигнато чрез видеоанализ и допълнителни системни специфични за свободен стил натоварвания с плувни тренажори и ластиси на суша и утежнения (педълси, парашути и др.) във вода.

Състезателка №3 подобно на състезател №2 използва малка част от анаеробната мощност на горната част на тялото при специфично натоварване на изокинетичен тренажор - 51%, при 64% средно за девойки. Тази състезателка има по-високи от средните персентилни оценки при теста

Уингейт за долна част на тялото и средни (RAP) и под средните (AP) оценки при теста Уингейт за горната част на тялото. При тази състезателка се препоръчват натоварвания за подобряване на специфичната и неспецифичната анаеробна мощност на горната част на тялото.

***Комплексен анализ на резултатите от неспецифичните анаеробни тестове Уингейт за долната и горната част на тялото***

Комплексен анализ на резултатите от двата неспецифични анаеробни тестове Уингейт за долната и горната част на тялото беше направен на базата на резултатите на състезателите, взели участие и в двата теста в рамките на две седмици. На това условие, от общо изследвани 98 състезатели, отговаряха резултатите на 42-ма от тях (12 девойки и 30 юноши).

Беше проведен множествен регресионен анализ, при който постижението на 50 m свободен стил беше определено като зависима променлива, а средните мощности получени от тестовите Уингейт на долната и горната част на тялото като независими променливи. В резултат бяха получени следните регресионни уравнения:

- за девойки:

$$T_{50} = 33,381 - 0,014 * AP_{upper} - 0,005 * AP_{lower} \quad (r = 0,804; p < 0,009)$$

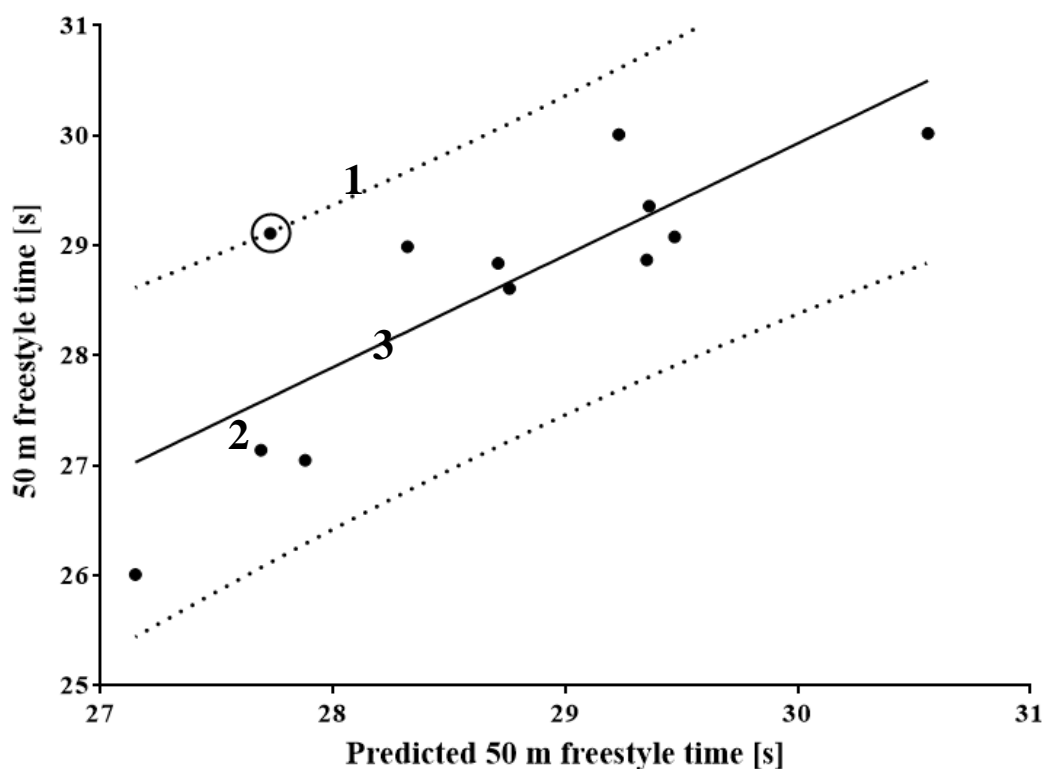
- за юноши:

$$T_{50} = 31,353 - 0,012 * AP_{upper} - 0,002 * AP_{lower} \quad (r = 0,778; p < 0,001)$$

, където  $T_{50}$  е предвиденото време на 50 m свободен стил,  $AP_{upper}$  е средната мощност от теста за горната част на тялото, а  $AP_{lower}$  е средната мощност от теста за долната част на тялото.

От сравнението на коефициентите пред независимите променливи в представените множествени регресионни уравнения се вижда, че значението на мощността на горната част на тялото е приблизително от 3 до 6 пъти по-голяма (по-големи коефициенти) от тази на долната част на тялото (по-малки коефициенти). Въпреки, че мощността на долната част на тялото превъзхожда тази на горната - 407,9 vs. 211,7 (1,93 пъти) при жените и 589,9 vs. 374,0 (1,58 пъти) при мъжете (Таблица 3.23), то разликата при коефициентите е по-голяма, което определя като цяло по-голямата роля на горната част на тялото при плуване в стил кроул.

На Фигура 3.8 и Фигура 3.9 са представени корелационните зависимости между спортните постижения на 50 m свободен стил и постиженията предвидени според множествените регресионни модели, на базата на средната мощност на горната и долната част на тялото при девойки и юноши съответно.



**Фигура 3.8** Зависимост между спортните постижения на 50 m свободен стил и постиженията предвидени от множествения регресионен модел, на базата на средната мощност на горната и долната част на тялото при девойки. С пунктирани линии е очертан 90%-ния прогностичен интервал, а точките които излизат извън него са очертани с кръг.

На Фигура 3.8 се наблюдава една състезателка (означена на фигурата с №1), чието предвидено постижение на 50 m свободен стил е значително по-добро от реалното ѝ постижение. За целите на анализа ще разгледаме резултатите от тестовете на тази състезателка, а също и на двете състезателки (означени на фигурата с №2 и №3), които имат много по добри постижения от предвидените от множествения регресионен модел (Таблица 3.27).



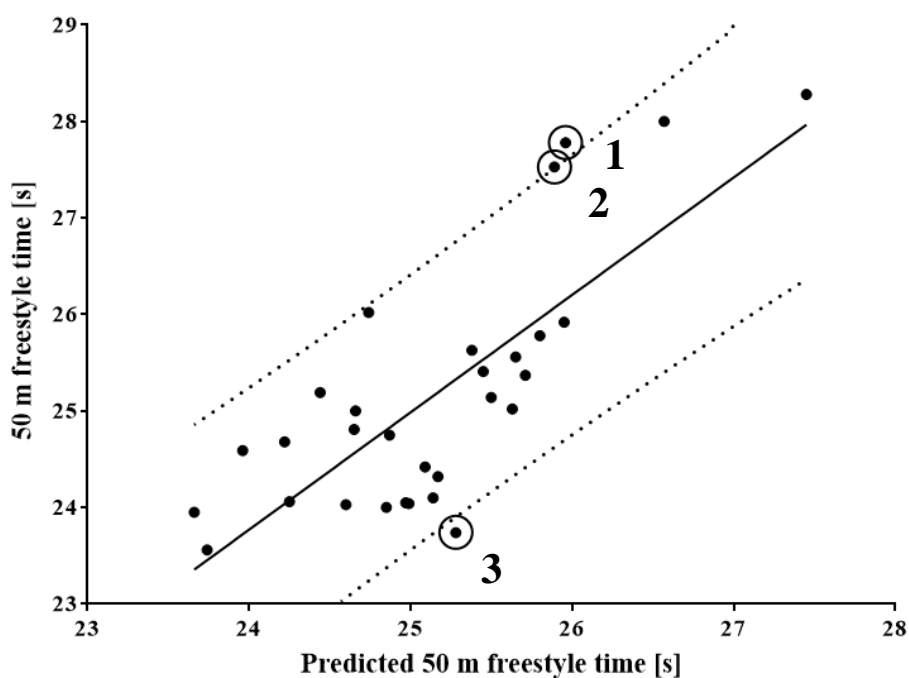
**Таблица 3.27**

*Реални и предвидени плувни постижения, средна мощност и персентилни оценки от анаеробните тестове Уингейт за долна и горна част на тялото при девойките обект на детайлен анализ.*

№	Time 50 m [s]	Predicted time 50 m [s]	AP upper body [W]	RAP upper body [W/kg]	AP lower body [W]	RAP lower body [W/kg]
№1 PCTL	29,11 -	27,73 -	270,8 87,5%	4,4 87,5%	460,0 62,4%	7,5 62,5%
№2 PCTL	26,01 -	27,15 -	296,8 99,9%	4,5 99,9%	461,3 62,5%	8,1 99,9%
№3 PCTL	27,05 -	27,88 -	260,5 75,0%	4,2 75,0%	504,2 87,5%	7,3 43,7%

При състезателка №1 от Таблица 3.27 се наблюдава по-слабо от предвиденото от регресионния модел постижение на 50 m свободен стил. Предвид сравнително високата персентилна оценка на средната мощност от теста Уингейт за долната част на тялото и високата персентилна оценка на средната мощност за горната част на тялото може да се твърди, че тази състезателка не може да използва ефективно добрата си анаеробна работоспособност при плуване в свободен стил. Не може да се очаква, че допълнителното развитие на анаеробната мощност на горната и долната част на тялото при тази плувкия да доведе до значителен прогрес на спортното постижение. За подобряване на постижението при тази състезателка може да се препоръча задълбочен биомеханичен анализ с цел значително коригиране на плувната техниката.

Другите две състезателки (№1 и №2) са постигнали по-добро от предвиденото на базата на анаеробните тестове постижение и може да се твърди, че те имат по-ефективна от характерната за средното ниво плувна техника. Въпреки отчетените високи анаеробни мощности, за подобряване на спортния резултат при тях може да се приложат допълнителни методи и средства за още по-голямото им развитие. Предвид персентилните оценки, при състезателката №2, тренировките трябва да са насочени основно към развитие на анаеробната мощност на долната част на тялото, а при състезателката №3 би трябвало да се развива приоритетно анаеробната мощност на горната част на тялото. Такъв анализ може да бъде направен и за други плувци, които не попадат извън 90%-ния прогностичен интервал, но се отличават чувствително от предвидените стойности и са във фокуса на вниманието на треньорите.



**Фигура 3.9** Зависимост между спортните постижения на 50 m свободен стил и постиженията предвидени от множествения регресионен модел, на базата на средната мощност на горната и долната част на тялото при юноши. С пунктирани линии е очертан 90%-ния прогностичен интервал, а точките които излизат извън него са очертани с кръг.

На Фигура 3.9 се наблюдават двама състезатели (означени с №1 и №2), чиито състезателни постижения на 50 m свободен стил са значително по-слаби от предвидените на базата на множествения регресионен модел. Един плувец (означени с №3) е отбелязал по-добро състезателно постижение от предвиденото. За целите на анализа бяха разгледани резултатите от анаеробните тестове на тези трима състезатели (Таблица 3.28).

**Таблица 3.28**

Реални и предвидени плувни постижения, средна мощност и персентилни оценки от анаеробните тестове Уингейт за долна и горна част на тялото при юношите обект на детайлен анализ

№	Time 50 m [s]	Predicted time 50 m [s]	AP upper body [W]	RAP upper body [W/kg]	AP lower body [W]	RAP lower body [W/kg]
№1	27,78	25,96	319,7	5,0	521,7	8,3
PCTL	-	-	11,1%	25,9	18,4%	34,2%
№2	27,53	25,89	323,7	5,2	547,4	8,8
PCTL	-	-	18,5%	33,3%	21,0%	65,7%
№3	23,74	25,28	376,5	5,6	582,0	8,8
PCTL	-	-	40,7%	48,1%	42,1%	65,7%

При състезатели №1 и №2 в Таблица 3.27 се наблюдават по-слаби постижения на 50 m свободен стил от предвидените в регресионния модел. Тези състезатели имат много ниски персентилни оценки и не могат да реализират дори предвидените на базата на ниските им средни мощности от анаеробните тестове плувни постижения. Определено, те имат и по-неефективна от характерната за средното ниво плувна техника. При тези състезатели е наложително да се работи за значително подобряване на техниката и чак след достигане на осезаеми резултати, да се продължи в посока на подобряване на анаеробната мощност на горна и долна част на тялото.

При състезател №3 се наблюдава по-добро от предвиденото от регресионния модел спортно постижение. Неговата плувна техника е по-добра спрямо характерната за средното ниво. Тъй като реализираната средна мощност на база на персентилните оценки при него е по-ниска от средната за юноши, за подобряване на постижението би трябвало подготовката му да се насочи към развитието на анаеробната мощност на долната и горната част на тялото.

### **Заклучение**

Измерването и оценката на анаеробната мощност на горната и долната част на тялото при плувци в лабораторни условия дава ценна информация за насоките на бъдещата тренировъчна работа. Резултатите от отделните тестове, анализирани по отделно не дават еднозначни отговори за състоянието на анаеробните системи при плувци. В плуването, значението на анаеробната мощност на горната част на тялото, по отношение най-малко на свободния стил, е значително по-голямо отколкото на тази на долната част на тялото. Компютъризираните устройства от типа на изокинетичния плувен тренажор „Биометър“ дават съществена информация за специфичната анаеробна работоспособност на горните крайници и нейната ефективност. Комплексния анализ на анаеробната работоспособност на състезателите по плуване удовлетворява в най-голяма степен изискванията поставени към контрола в плуването, а именно еднозначни заключения за насоките за подобряване на крайния спортен резултат. На базата на тези заключения можем да твърдим, че поставената работна хипотеза е доказана.

## **ИЗВОДИ, ПРЕПОРЪКИ И ПРИНОСИ**

### **Изводи**

1. Резултатите от проведеното изследване доказаха наличието на високи достоверни корелации между показателите за анаеробната работоспособност от трите анаеробни теста и спортните постижения на 50 m свободен стил.
2. И при трите анаеробни теста показателят средна мощност (AP) има най-висока корелация със спортните постижения в спринтовите дисциплини в свободния стил (от  $r = 0,581$  до  $r = 0,947$ ).
3. Изчислените възрастови персентилни оценки за най-информативните показатели от отделните анаеробни тестове може да подпомогне ефективно треньорите в определянето на степента на развитието на анаеробната мощност при състезатели от двата пола.
4. Има достоверно високи взаимни корелации между показателите за анаеробната работоспособност измерени при трите използвани анаеробни лабораторни тестове (от  $r = 0,738$  до  $r = 0,876$ ).
5. Комплексният анализ на анаеробната работоспособност, направен на базата на резултатите от система от анаеробни лабораторни тестове може да подпомогне управлението на тренировъчния процес.

### **Препоръки**

1. Методите за комплексна оценка на анаеробната работоспособност трябва да намерят постоянно място в системата за контрол на спортната подготовка при елитни състезатели по плуване.
2. Необходимо е системно лонгитудинално проследяване на показателите на анаеробната работоспособност при елитните състезатели по плуване в България с цел постоянно актуализиране и конкретизиране на персентилните оценки в отделните възрастови групи, дистанции и плувни стилове.
3. Необходимо е периодично актуализиране на множествените регресионни уравнения използвани в комплексния анализ на анаеробната работоспособност.
4. Изокинетичните плувни тренажори освен за целите на тренировката трябва да се използват и за целите на текущия и етапен контрол на спортната подготовка.

## **Приноси**

1. Направено е изследване и оценка на неспецифичната анаеробната работоспособност на горната и долната част на тялото при голям брой елитни състезатели по плуване.
2. Направено е изследване на анаеробна работоспособност с изокинетичен плувен тренажор при елитни състезатели по плуване.
3. Съставени са възрастови персентилни оценки на показателите на анаеробната работоспособност от различни лабораторни тестове при девойки и юноши състезатели по плуване.
4. Предложен е модел на комплексна оценка на анаеробната работоспособност на база на резултатите от различни лабораторни анаеробни тестове при плувци.

### **Публикации във връзка с Дисертационния труд:**

1. Качаунов, М. 2017. Развитие на скоростните възможности при плувци чрез специфични средства за анаеробна лактатна издръжливост. Предизвикателства и перспективи пред спортната наука., бр. 1, стр. 159-166. ISSN 978-954-718-457-2 (print)
2. Качаунов, М., Л. Петров. 2019. Изокинетичен плуven тренажор Биометър, като средство за изпълнение на серии със състезателна скорост. Годишник на Национална Спортна Академия „Васил Левски“ том 2, София, стр. 109-114. ISSN 2682-9908 (print)



# Summary

MIHAIL TOSHEV KACHAUNOV

COMPLEX ASSESSMENT OF THE ANAEROBIC  
PERFORMANCE IN 13-18 YEARS OLD  
SWIMMERS

Sofia, 2020

MIHAIL TOSHEV KACHAUNOV

COMPLEX ASSESSMENT OF ANAEROBIC  
PERFORMANCE IN 13-18 YEARS OLD SWIMMERS

SUMMARY

of doctoral dissertation  
for awarding educational and scientific degree “PhD”

In professional field 7.6 Sports

In a scientific subject “Theory and Methodology of Sports  
Science”

Scientific Supervisor:

Associate professor MD Lubomir Petrov, PhD

Reviewers:

Prof. Nikolay Kirilov Izov, PhD

Prof. Dorothea Georgieva Stefanova, PhD

Sofia, 2020



PhD dissertation was introduced, discussed and directed forward for public defense in front of extended council of “Aquatic sports” department, National Sports Academy “Vasil Levski” on 27.05.2020.

The dissertation contains four chapters, 162 pages, 210 citations, 35 figures, 32 tables and 13 annexes.

The public defense of the dissertation will take place on 17.09.2020 at 11.30 am in the conference hall of NSA "Vasil Levski" - Student City, Sofia.

## INTRODUCTION

The goal of every athlete and coach is to achieve the ultimate sporting result. It can only be achieved if there is a well-built and properly managed the training process. In order for the management to be effective, it is necessary to obtain reliable information about the changes occurring in the swimmer's managed system, as well as its timely transmission to the trainer management system and to provide reliable feedback aimed at optimizing the training. This is the true meaning of monitoring the training process, which focuses on information objectifying the effect of the training load on those factors that are most relevant to the athletic performance of a particular sport and discipline. Determining the importance and choosing the appropriate methods for assessing these factors is crucial to the effectiveness of control in sport. In cycling sports, and particularly in swimming, the main requirements for achieving high sports performance are the power of work and technical efficiency. The amount of work is largely dependent on the performance of the energy systems. Therefore, the monitoring in swimming should be focused primarily on the evaluation and optimization of the power of the energy systems and swimming technique.

The status of energy supply systems is assessed using a variety of non-specific and specific methods. The choice of specific methods and means of control depends on the specifics of the main discipline and the stage of preparation. For example, in the medium and distance swimming disciplines, which are characterized by a significant participation of aerobic processes in the overall energy supply at the end of the basic preparation period, a system of specific and non-specific aerobic performance assessment tests is applied. In many years of practice in swimming sport in Bulgaria, the main non-specific laboratory test used in the monitoring of the functional state of the aerobic system during this period is the maximum step load to failure on a cycle ergometer. This test is conducted during the "complex functional studies", the final evaluation of which is made on the basis of the maximum reached mechanical power and the various physiological and biochemical parameters determined during the load and recovery period. The most important of these, which are applied in practice are the maximum oxygen consumption and the aerobic and anaerobic thresholds by which the parameters of training zones are determined

Sprint swimming disciplines, on the other hand, are characterized by the significant involvement of anaerobic energy systems. Accordingly, achievements

in these disciplines are largely determined by the anaerobic performance of swimmers. Therefore, the characteristics of the two anaerobic energy-supply systems (anaerobic-alactate and anaerobic-lactate) that determine anaerobic performance play an important role in monitoring of the training loads in sprint disciplines.

The nature of the maximal aerobic step test and its basic parameters allow only a partial assessment of the anaerobic-lactate energy system. An objective evaluation of anaerobic energy systems can be made of basic indicators of one or more short-term loads with maximal intensity: maximum power and time to reach it, total anaerobic energy capacity and characteristics of fatigue processes occurring during the maximum anaerobic loads.

There are various specific and non-specific methods for estimating anaerobic performance parameters that can be performed in the field (in water) or in the laboratory environment. In swimming sports, specific tests use loads that are specific to swimming disciplines, while non-specific methods use different loading devices, specific of other sports activities: cycle ergometers, rowing ergometers, treadmills and more.

The availability of appropriate modern equipment at the National Sports Medicine Center made it possible to carry out specific and non-specific anaerobic tests of swimmers in the laboratory. Thus, in the practice of the best national swimmers, the non-specific anaerobic Wingate test for the upper and lower body and the specific test of the Biometer Isokinetic Trainer isokinetic swimming simulator have been started on a regular basis over the last four years.

There are many examples in the literature of the application of separate anaerobic tests in monitoring in swimming. There are differing opinions on the question of which are more informative and applicable in practice. Of interest is the ability to make a complex assessment of the anaerobic performance which is based on specific indicators derived from various anaerobic laboratory tests. Based on this assessment, a scientifically based individual approach could be developed to optimize the training process for swimmers in the sprint disciplines.

## **Hypothesis, Aim, Tasks, and Methods of the PhD thesis**

### **Hypothesis**

A complex assessment of anaerobic performance, based on the results of an appropriate combination of anaerobic tests, will provide scientifically sound

guidelines for optimizing the training process for individual athletes in the freestyle sprint disciplines.

**The aim** of the study is to provide a complex assessment of anaerobic performance in 13-18-year-old swimmers, through specific and non-specific tests, in laboratory and field environment, and to derive scientifically sound guidelines for optimizing the training process in sprint disciplines in swimming.

#### **Tasks:**

1. Measurement of the anaerobic performance of the lower body by non-specific laboratory methods in a group of qualified 13-18-year-old swimmers.
2. Measurement of the anaerobic performance of the upper body by non-specific laboratory methods in a group of qualified 13-18-year-old swimmers.
3. Measurement of the anaerobic performance of the upper body by specific laboratory methods in a group of qualified 13-18-year-old swimmers.
4. Determining the anthropometric characteristics of the studied swimmers.
5. Determining the sprint abilities of the studied swimmers based on their competition results.
6. Analysis of the relationship between anthropometric characteristics, anaerobic performance parameters, and swimming results through appropriate statistical methods.
7. Determination of methods for complex assessment of anaerobic performance in swimmers.
8. Development of scientifically sound guidelines for optimizing the training process in sprint disciplines based on a complex assessment of anaerobic performance in 13-18-year-old swimmers.

## **METHODS AND ORGANIZATION**

**The subject** of the study is the anaerobic performance in swimmers.

**The object** of the study is the complex assessment of anaerobic performance in highly qualified swimmers.

**The participants** were 98 adolescent swimmers (40 girls and 58 boys), between the ages of 13 and 18, who were part of the Bulgarian Swimming Federation (BSF) at the time of the study. Some of them are included in the Youth National Swimming Team of Bulgaria and take part in the most significant competitions for this age (European Junior Championships; World Junior Championships; Youth Olympic Games). The other part are promising competitors who have covered the BSF standards for participation in the national team and are part of the teams of the various Olympic centers in Bulgaria (Sofia, Plovdiv, Varna, and Burgas) and take part in national championships,

international tournaments, and Balkan Games. All participants take part in major competitions in the 50 m freestyle event and some in the 100 m and 200 m freestyle. Swimmers at this age are not yet specialized, and some of them successfully compete in other swimming events.

**Organization:** the study was conducted within 2 years, from the beginning of 2017 to the end of 2018. During this period, all participants performed a single training program approved for the national swimming team. The swimmers were tested during the testing camps periodically held at the end of the special preparatory stages, close to the dates of the main competitions.

On the day of the anaerobic test, height (cm) to the accuracy of 1 cm and body weight [kg] to the accuracy of 0.1 kg were recorded for all participants. Anthropometric measurements were performed by a specialist in standard methodology accepted and applied at the National Center for Sports Medicine - Dianabad.

The following anaerobic tests were performed:

1. Wingate Anaerobic Test - a non-specific anaerobic test for the lower body. A total of 86 adolescents (36 girls and 50 girls) completed this test.
2. Wingate Anaerobic Test - a non-specific anaerobic test for the upper body. A total of 52 adolescents (15 girls and 37 girls) completed this test.
3. Isokinetic swim bench anaerobic test - specific laboratory anaerobic upper body test. A total of 29 adolescents (9 girls and 20 girls) completed this test.
4. The results of the specific anaerobic test were the results achieved in the 50 m freestyle disciplines during the main competitions, closest and held no later than 2 weeks after the date of the laboratory tests. For the purposes of some of the analyses carried out in this dissertation, the achievements of some participants in the 100 and 200 m freestyle disciplines were taken. The FINA points were calculated (Fédération Internationale de Natation). The calculation formula is based on a world record in a discipline that is considered to be 1000 points. FINA points were used to compare scores across disciplines and between the two genders.

A large number of participants were tested in more than one test, which is why the total number of subjects from the individual tests exceeded the total number of participants.

Anaerobic tests were performed in the morning of the day at the laboratory of the National Center for Sports Medicine - Dianabad, Directorate "Scientific and Applied Activity in Sport" (Sofia, Dianabad), Ministry of Youth and Sports. The competitors participated in no more than 1 anaerobic test within one day.

### ***Lower body Wingate anaerobic test***

The Wingate anaerobic test for the lower body was performed on an anaerobic test specialized mechanical cycle ergometer - Monark 894E, Sweden. With this model, pedal drives the flywheel using a chain drive. For one pedal cycle, one point from the periphery of the flywheel travels a distance of 6 m. The resistance is due to the friction between the flywheel and the wear-resistant belt, towed by a basket of a mass of 1 kg, which can be loaded with a different number of additional weights of 1 kg; 0,5 kg; 0.1 kg. The 894E has a dual basket to carry more weight than standard models. The basket can be lowered manually or automatically after reaching certain speeds. The cycle ergometer can read pedaling speeds to the nearest 1/6 of a turn. The work done per pedal turnover is calculated by the formula:

$$A = S \cdot g \cdot R$$

, where A [J] is the work done for one revolution; S [m] is the distance that one point from the periphery of the flywheel travels in one pedal revolution - 6 m; g is the Earth's acceleration  $\approx 9.81 \text{ m / s}^2$ ; R [kg] is the mass of the carrier with the weights attached.

The power of the work within one revolution P [W] is calculated by dividing the work done for the respective turnover - A [J] by the time for the realization of that turnover - t [s].

Since anaerobic tests are performed at a constantly changing speed of the flywheel, the correct calculation of the work done and the mechanical power also takes into account the change in the kinetic energy of the flywheel, proportional to the change in its angular velocity and its inertial moment, which by the manufacturer's data is 0.91 kg.m<sup>2</sup>.

The Wingate anaerobic test with a Monark 894E mechanical cycle ergometer is performed using specialized software (Monark anaerobic test software) from the manufacturer. Initially, the software requires an input of data about the study person and the intended load

The following protocol was followed for the Wingate anaerobic lower body test (Inbar et al., 1996):

**Preoperational part:** Low intensity pedaling with a duration of 3 min, at a low resistance of 1 kg (basket weight), at 60 rpm. At the end of the 1st and 2nd minutes, sprints were performed with maximum revolutions and a duration of 5 sec. Then recovery period of 3 min passive rest.

**Main part:** Pedaling and acceleration to maximum rpm without resistance for 10 sec. Then pedaling with maximum intensity at a given resistance equal to 7.5% of body weight, lasting 30 seconds.

**Final part:** Steady, non-resistance work with 2 min duration, to maintain muscle pump operation and prevent pathological orthostatic reactions.

The software automatically calculated many basic and derivative parameters, and the following were used in this study, as well as in most other scientific studies:

**Peak Power - The maximum power output during the test:** Peak Power - **PP** [W]; Relative Peak Power - **RPP** [W/kg];

**Average power** - obtained by dividing the total work performed during the test (J) by the duration of the test (s): Average Power - **AP** [W]; Relative Average Power - **RAP** [W/kg];

**Minimum power** - the lowest power values achieved during the test: Minimum Power - **MP** [W]; Relative Minimum Power - **RMP** [W/kg];

**Power drop** - represents the difference between the maximum and the minimum power output: Power Drop – **PD** [W]; Relative Power Drop – **RPD** [W/kg]; Power Drop – **PD** [%];

**Work:** Total work – **TW** [J];

#### ***Upper body Wingate anaerobic test***

The Wingate anaerobic upper body test was also performed on a specialized Monark 894E mechanical cycle ergometer, adapted for working with hands. The bicycle ergometer was mounted on a specially designed structure. A comfortable swivel chair for the examined person was attached to it. Specially designed handles were installed in place of the pedals. A protocol similar to that used in the anaerobic test for the lower body was used (Inbar et al.1996). In the present study, the upper body anaerobic Wingate test used the same parameters as described in the anaerobic Wingate lower body test.

#### ***Isokinetic swim bench anaerobic test:***

The specific laboratory anaerobic test of an isokinetic swim bench was performed using the "Biometer Isokinetic Trainer", Otto Otto GmdH, Swimsportec, Germany. The Biometer Isokinetic Trainer calculates the swimmer's applied force from 0 to 500 N using a very high precision sensor. Load and stroke speed is regulated in 9 stages (from 1 to 9). Level 1 responds to high resistance and low-speed operation, progressing smoothly through Level 2, 3, and 4, which corresponds to medium resistance and medium speed operation and Level 6, 7, and 8 to Level 9 with low resistance and high speed. In order to correctly count the cycles and measure the work done, it is necessary to set the type of swimming stroke (alternating or simultaneous) according to swimming style: For front crawl and backstroke - alternating; For breaststroke and butterfly - simultaneous;

The following protocol was followed when performing the upper body specific anaerobic test on an isokinetic swim bench:

Preparational part – 3 min steady work with crawl strokes. The load level was set at "6", which provided little resistance at low stroke frequency. At the end of the 1st and 2nd mins, 6 strokes were performed with the maximum possible frequency. Then the competitors have a recovery period of 3 min (passive rest).

**Main part** - Maximum effort and frequency front crawl strokes for 30 s are performed, with the simulator level set to "4".

The basic and derivative parameters of the stroke were calculated by the software, using the following in this study:

**Stroke Rate per minute StrR [spm];**

**Average Stroke Length StrL [m]** – the average length of the stroke with one hand;

**Average Force AF [N]** - the average pulling power of the rope during the strokes of the test;

In addition to the above indicators, the software can graphically display the curve of the force or velocity of the pulling, as well as the execution time of the stroke.

In addition, the parameters for performance and power during the test were derived:

**Total Work TW [J]** - total mechanical work performed in the 30 seconds during the test;

**Average Power AP [W]** - average mechanical power developed during the test, calculated by the following formula  $AP = TW / 30$  s;

**Relative Average power RAP [W/kg]** - average mechanical power developed during the test per kilogram of body weight;

### ***Statistics***

Statistics were conducted with SPSS 19 statistical package, IBM, USA. Variation, correlation, regression analysis (incl. Multiple-step regression analysis) were performed. For some tests, age-group percentile ratings were calculated. Mean values in the text and tables are represented by their standard deviation (mean  $\pm$  SD) and in the graphs by their standard error (mean  $\pm$  SE). The test for the normality of the distribution was done with the Shapiro-Wilk test. The verification of the difference between the mean values of the studied parameters with normal distribution, in girls and boys, was performed with Student's t-test for independent samples, and the difference between those with distribution other than normal, with the non-parametric U-test of Mann-Whitney.



## RESULTS AND ANALYSIS

The results of the three anaerobic tests and their analysis are presented separately in the following order: The Wingate anaerobic test for the lower body; The Wingate anaerobic test for the upper body test; anaerobic isokinetic swim bench test. Then are presented the ratios and correlations between the results obtained from the individual tests. At the end of the chapter, an attempt is made to comprehensively evaluate anaerobic performance based on the results of all three tests, focused on monitoring of the training process in the sprint disciplines in swimming.

### Wingate anaerobic test for the lower body

#### *Descriptive statistics*

Table 3.1 presents the results of the variation analysis of the studied girls (13-14 years). Shown are anthropometric indicators, Wingate anaerobic test results for lower body and swimming performance. The average height of the athletes was  $162.7 \pm 5.72$  cm and the average weight was  $53.9 \pm 6.31$  kg. For both indicators, the coefficient of variation was small (3.52% and 11.70%, respectively), indicating strong group homogeneity for anthropometric data. The average values of the Wingate absolute parameters were: peak power (PP) -  $437.3 \pm 63.52$  W, average power (AP) -  $346.3 \pm 52.94$  W, minimum power (MP) -  $240.2 \pm 42.6$  W and power drop (PD) -  $197.0 \pm 38.87$  W. The coefficients of variation for these indicators were in the range of 14.53 to 19.73% (sufficiently homogeneous samples), the smallest being for maximum power (PP) and highest for power drop (PD). The average values of the relative indicators were: peak power (RPP) -  $8.14 \pm 0.97$  W / kg, average power (RAP) -  $6.45 \pm 0.84$  W / kg, minimum power (RMP)  $4.49 \pm 0.83$  W / kg and power drop (RPD) -  $3.65 \pm 0.56$  W / kg. The coefficients of variation for these indicators varied between 11.94 and 18.39%, with the lowest being the maximum power (RPP) and the highest being for the minimum power (RMP). Relative indicators had higher homogeneity than absolute ones. The tPP, PVmax, and tVmax indicators had a large range and large coefficients of variation higher than 30% (from 43.62% to 98.23%). The average swimming achievement values were as follows: 50 m freestyle -  $29.21 \pm 0.52$  s, which corresponds to 483 points of the FINA table, 100 m freestyle -  $63.89 \pm 2.01$  s (486 points) and the 200 m freestyle -  $136.93 \pm 3.40$  s (524 points). The coefficients of variation in sports performance ranged from 1.77 to 3.14%, indicating a strong uniformity in the sample in terms of sports qualifications. Most indicators had a normal distribution with the exception of height, tVmax and 100 m freestyle (Table 3.1).

**Table 3.1**

*Variation analysis of anthropometric parameters, results of the Wingate anaerobic test for the lower body and swimming performance of the studied girls (13-14 years).*

Variables ♀	n	Range	X <sub>min</sub>	X <sub>max</sub>	ND	$\bar{x}$	SD	V%
Height [cm]	17	16.0	156.0	172.0	no	<b>162.7</b>	5.72	3.52
Weight [kg]	17	19.5	45.7	65.2	yes	<b>53.9</b>	6.31	11.70
PP [W]	17	204.6	348.2	552.8	yes	<b>437.3</b>	63.52	14.53
RPP [W/kg]	17	2.9	6.6	9.5	yes	<b>8.14</b>	0.97	11.94
AP [W]	17	175.5	265.9	441.4	yes	<b>346.3</b>	52.94	15.29
RAP [W/kg]	17	2.6	5.0	7.6	yes	<b>6.45</b>	0.84	12.97
MP [W]	17	128.6	165.6	294.2	yes	<b>240.2</b>	42.60	17.73
RMP [W/kg]	17	3.0	3.1	6.1	yes	<b>4.49</b>	0.83	18.39
PD [W]	17	135.6	131.0	266.6	yes	<b>197.0</b>	38.87	19.73
RPD [W/kg]	17	2.0	2.5	4.5	yes	<b>3.65</b>	0.56	15.24
PD [%]	17	20.9	33.4	54.3	yes	<b>45.1</b>	6.16	13.68
TW [J]	17	5225.2	7788.4	13013.6	yes	<b>10222.3</b>	1573.37	15.39
50 m [s]	17	1.70	28.32	30.02	yes	<b>29.21</b>	0.52	1.77
100 m [s]	15	6.88	60.37	67.25	no	<b>63.89</b>	2.01	3.14
200 m [s]	13	10.06	132.07	142.13	yes	<b>136.93</b>	3.40	2.48

ND – normal distribution;

Table 3.2 presents the results of the variation analysis of the studied girls (15-17 years). The average height of the athletes was  $170.5 \pm 5.67$  cm and the average weight was  $60.7 \pm 3.66$  kg. For both indicators, the coefficient of variation was small (3.32% and 6.03%, respectively), indicating strong group homogeneity for the anthropometric data. The average values of the Wingate absolute parameters were: peak power (PP) -  $573.2 \pm 102.20$  W, mean power (AP) -  $437.6 \pm 68.25$  W, minimum power (MP) -  $295.8 \pm 55.85$  W and power drop (PD) –  $277.4 \pm 59.11$  W. The coefficients of variation for these indicators were in the range from 15.60 to 21.31% (homogeneous samples), the smallest was for maximum power (AP) and highest for power drop (PD). The average values of the relative indicators were: peak power (RPP) –  $9.42 \pm 1.47$  W / kg, average power (RAP) –  $7.19 \pm 0.92$  W / kg, minimum power (RMP)  $4.85 \pm 0.80$  W / kg and power drop (RPD) -  $4.55 \pm 0.91$  W / kg. The coefficients of variation in these indicators ranged between 12.79 and 20.02%, the lowest being for the average power (RAP) and the highest one for the power drop (RPD). Relative indicators are more homogeneous than absolute ones. The tPP, PVmax, and tVmax indicators had a large range and large coefficients of variation (from 27.95% to 139.30%). The average swimming achievement were as follows: 50 m freestyle -  $28.51 \pm 0.88$  s, which corresponds to 520 points of the FINA table, 100 m freestyle -  $63.24 \pm 4.00$  s (501 points) and the 200 m freestyle -  $137.88 \pm 7.74$  s (513 points). The coefficients of variation in sports performance were in the range of 3.07 to

6.33%, indicating a relatively strong sampling uniformity in terms of sports qualifications. Of all indicators, only tVmax has a distribution other than normal (Table 3.2).

**Table 3.2**

*Variation analysis of anthropometric parameters, results of the Wingate anaerobic test for the lower body and swimming performance of the studied girls (15-17 years).*

Variables ♀	n	Range	X <sub>min</sub>	X <sub>max</sub>	ND	$\bar{x}$	SD	V%
Height [cm]	17	22.0	158.0	180.0	yes	<b>170.5</b>	5.67	3.32
Weight [kg]	17	13.4	53.7	67.1	yes	<b>60.7</b>	3.66	6.03
PP [W]	17	422.4	272.4	694.8	yes	<b>573.2</b>	102.20	17.83
RPP [W/kg]	17	6.3	4.6	10.9	yes	<b>9.42</b>	1.47	15.62
AP [W]	17	282.1	234.4	516.5	yes	<b>437.6</b>	68.25	15.60
RAP [W/kg]	17	4.1	4.0	8.1	yes	<b>7.19</b>	0.92	12.79
MP [W]	17	214.5	146.4	360.9	yes	<b>295.8</b>	55.85	18.88
RMP [W/kg]	17	3.3	2.5	5.8	yes	<b>4.85</b>	0.80	16.42
PD [W]	17	220.5	126.0	346.5	yes	<b>277.4</b>	59.11	21.31
RPD [W/kg]	17	4.0	2.1	6.1	yes	<b>4.55</b>	0.91	20.02
PD [%]	17	13.9	42.6	56.5	yes	<b>48.3</b>	4.51	9.35
TW [J]	17	8247.5	7009.2	15256.7	yes	<b>12897.0</b>	2008.94	15.58
50 m [s]	17	3.06	26.57	29.63	yes	<b>28.51</b>	0.88	3.07
100 m [s]	10	12.94	55.65	68.59	yes	<b>63.24</b>	4.00	6.33
200 m [s]	8	23.12	125.30	148.42	yes	<b>137.88</b>	7.79	5.65

ND – normal distribution;

Table 3.3 presents the results of descriptive statistics of the studied boys (13-14 years). The average height of the athletes was  $170.3 \pm 7.99$  cm and the average weight was  $68.2 \pm 7.63$  kg. The coefficient of variation of these indicators was low (4.69% and 13.45%, respectively), indicating a strong homogeneity of the group in terms of anthropometric parameters. The average values of the Wingate absolute values were: peak power (PP) -  $607.9 \pm 126.27$  W, average power (AP) -  $455.4 \pm 107.46$  W, minimum power (MP) -  $313.2 \pm 92.33$  W and power drop (PD) -  $294.7 \pm 48.33$  W. The coefficients of variation for these indicators were in the range of 16.40 to 29.48% (relatively homogeneous samples), the smallest was the one for the power drop (PD) and the highest for the minimum power (MP). The average values of the relative parameters of the Wingate test were: peak power (RPP) -  $10.29 \pm 1.29$  W / kg, average power (RAP) -  $7.66 \pm 1.06$  W / kg, minimum power (RMP)  $5.23 \pm 0.97$  W / kg and power drop (RPD) -  $5.06 \pm 0.88$  W / kg. The coefficients of variation for these indicators were between 12.52 and 18.57%, the lowest being for the peak power (PP) and the highest that for the minimum power (MP). Relative indicators were more homogeneous than absolute ones. The indicators tPP, PVmax and tVmax had a

large scale and relatively large coefficients of variation (from 16.76% to 88.34%). Average swimming achievements were: 50 m freestyle -  $27.32 \pm 1.69$  s, which corresponds to 407 points of the FINA table, 100 m freestyle -  $61.23 \pm 3.23$  s (395 points), 200 m freestyle -  $124.79 \pm 7.53$  s (504 points). The coefficients of variation of the athletic performance ranged from 5.28 to 6.17%, indicating a strong uniformity in the sample in terms of sports qualifications. All indicators except the 50 m freestyle results have a normal distribution. Statistically significant differences between girls and boys (13-14 years) can be seen in Table 3.3. These are not noticeable in weight, performance indicators (MP and RMP), fatigue ratio (PD%) and swimming achievements of 100 and 200 m freestyle.

**Table 3.3**

*Variation analysis of anthropometric parameters, results of the Wingate anaerobic test for the lower body and swimming performance of the studied boys (13-14 years).*

Variables ♂	n	Range	X <sub>min</sub>	X <sub>max</sub>	ND	$\bar{x}$	SD	V%
Height [cm]	7	18.0	163.0	181.0	yes	<b>170.3 *</b>	7.99	4.69
Weight [kg]	7	19.9	48.2	68.0	yes	<b>59.0</b>	7.93	13.45
PP [W]	7	282.0	451.8	733.8	yes	<b>607.9 *</b>	126.27	20.77
RPP [W/kg]	7	4.1	7.7	11.8	yes	<b>10.29 &amp;</b>	1.29	12.52
AP [W]	7	236.0	335.5	571.5	yes	<b>455.4 *</b>	107.46	23.60
RAP [W/kg]	7	3.1	5.7	8.8	yes	<b>7.66 #</b>	1.06	13.84
MP [W]	7	231.2	199.5	430.7	yes	<b>313.2</b>	92.33	29.48
RMP [W/kg]	7	2.2	4.2	6.4	yes	<b>5.23</b>	0.97	18.57
PD [W]	7	142.6	201.6	344.2	yes	<b>294.7 &amp;</b>	48.33	16.40
RPD [W/kg]	7	2.7	3.4	6.1	yes	<b>5.06 &amp;</b>	0.88	17.50
PD [%]	7	18.1	41.3	59.4	yes	<b>49.1</b>	6.40	13.03
TW [J]	7	7077.0	9917.5	16994.5	yes	<b>13474 *</b>	3242.7	24.07
50 m [s]	7	3.96	25.41	29.37	no	<b>27.32 #</b>	1.69	6.17
100 m [s]	5	7.68	55.94	63.62	yes	<b>61.23</b>	3.23	5.28
200 m [s]	3	13.51	119.95	133.46	yes	<b>124.79</b>	7.53	6.03

\* -  $p < 0.05$ ; # -  $p < 0.01$ ; & -  $p < 0.001$  against the girls (13-14-years-old); ND – normal distribution;

Table 3.4 presents the results of the descriptive statistics of studied boys (15-17 years old). The average height of the athletes was  $178.7 \pm 6.65$  cm and the average weight was  $69.5 \pm 6.70$  kg. The coefficient of variation in these indicators was low (3.72% and 9.64%, respectively), indicating a strong homogeneity of the group in terms of anthropometric parameters. The mean values of the Wingate absolute values were: peak power (PP) -  $789.6 \pm 133.65$  W, average power (AP) -  $588.2 \pm 79.67$  W, minimum power (MP) -  $404.0 \pm 60.91$  W and power drop (PD) -  $385.7 \pm 109.73$  W. The coefficients of variation for these indicators ranged from 13.54 to 28.45% (relatively homogeneous samples), the smallest was for the

average power (AP) and the largest for power drop (PD). The average values of the relative parameters of the Wingate test were: peak power (RPP) -  $11.36 \pm 1.61$  W / kg, average power (RAP) -  $8.47 \pm 0.83$  W / kg, minimum power (RMP)  $5.82 \pm 0.66$  W / kg and power drop (RPD) -  $5.56 \pm 1.53$  W / kg. The coefficients of variation for these indicators were between 9.79 and 27.44%, the lowest being for the average power (AP) and the highest one for the power drop (PD). Relative indicators were more homogeneous than absolute ones. The indicators tPP, PVmax and tVmax are large in scale and relatively large in variation (from 17.05% to 73.98%). Average swimming achievement were: 50 m freestyle -  $25.38 \pm 1.38$  s, which corresponds to 508 points of the FINA table, 100 m freestyle -  $55.46 \pm 3.25$  s (532 points), 200 m freestyle -  $120.15 \pm 5.65$  s (565 points). The coefficients of variation in sports performance were in the range of 4.70 to 5.86%, which shows the uniformity of the sample in terms of sports qualification. All indicators except the average power (AP) and PVmax have a normal distribution. Significantly higher values of results in boys compared to girls (15-17 years old) were found in all indicators except for a power drop (PD%) (Table 3.4).

**Table 3.4**

*Variation analysis of anthropometric parameters, results of the Wingate anaerobic test for the lower body and swimming performance of the studied boys (15-17 years).*

Variables ♂	n	Range	X <sub>min</sub>	X <sub>max</sub>	ND	$\bar{x}$	SD	V%
Height [cm]	40	33.0	161.0	194.0	yes	<b>178.7 &amp;</b>	6.65	3.72
Weight [kg]	40	28.4	53.2	81.7	yes	<b>69.5 &amp;</b>	6.70	9.64
PP [W]	40	536.7	510.3	1047.0	yes	<b>789.6 &amp;</b>	133.65	16.93
RPP [W/kg]	40	6.5	7.9	14.4	yes	<b>11.36 &amp;</b>	1.61	14.18
AP [W]	40	317.3	420.5	737.8	no	<b>588.2 &amp;</b>	79.67	13.54
RAP [W/kg]	40	3.5	6.2	9.7	yes	<b>8.47 &amp;</b>	0.83	9.79
MP [W]	40	250.3	285.6	535.9	yes	<b>404.0 &amp;</b>	60.91	15.08
RMP [W/kg]	40	2.4	4.4	6.8	yes	<b>5.82 &amp;</b>	0.66	11.34
PD [W]	40	446.6	166.5	613.1	yes	<b>385.7 &amp;</b>	109.73	28.45
RPD [W/kg]	40	6.2	3.1	9.3	yes	<b>5.56 #</b>	1.53	27.44
PD [%]	40	33.0	32.6	65.6	yes	<b>48.1</b>	7.42	15.41
TW [J]	40	9369.6	12461	21831.0	yes	<b>17390 &amp;</b>	2343.6	13.48
50 m [s]	40	4.46	23.67	28.13	yes	<b>25.38 &amp;</b>	1.38	5.42
100 m [s]	29	12.30	50.99	63.29	yes	<b>55.46 &amp;</b>	3.25	5.86
200 m [s]	22	20.24	112.48	132.72	yes	<b>120.15 &amp;</b>	5.65	4.70

\* -  $p < 0.05$ ; # -  $p < 0.01$ ; & -  $p < 0.001$  against the girls (15-17-years old); ND – normal distribution;

### *Correlation analysis*

Table 3.5 presents the results of correlation analysis including anthropometric indicators, results of the lower body Wingate anaerobic test and swimming performance of the studied girls (13-14 years old). There was a correlation between weight and age ( $r = 0.499$ ;  $p < 0.041$ ) and participants' weight and height ( $r = 0.760$ ;  $p < 0.001$ ). Significant correlations of peak power (PP) and average power (AP) with the age were found, as well as with the same indicators with weight. The relative indicators (RPP and RAP) have no significant correlation with age, weight, and height. There are strong internal correlations between test indicators. There were only significant internal correlations in sports performance between 100 and 200 m ( $r = 0.669$ ;  $p < 0.012$ ). Achievements of 100 and 200 m correlate with height, weight and maximum power.

**Table 3.5**

*Correlation analysis of anthropometric indicators, results of Wingate's anaerobic test for the lower body and swimming performance of the studied girls (13-14 years).*

♀ Wingate lower body		Age	Height	Weight	PP	RPP	AP	RAP	50 m	100 m
Height	corr. sig.	0.094 0.720								
Weight	corr. sig.	<b>0.499</b> <b>0.041</b>	<b>0.760</b> <b>0.000</b>							
PP	corr. sig.	<b>0.647</b> <b>0.005</b>	0.285 0.268	<b>0.619</b> <b>0.008</b>						
RPP	corr. sig.	0.319 0.211	-0.394 0.117	-0.215 0.408	0.630 0.007					
AP	corr. sig.	<b>0.687</b> <b>0.002</b>	0.207 0.425	<b>0.573</b> <b>0.016</b>	0.948 0.000	0.608 0.010				
RAP	corr. sig.	0.377 0.136	-0.447 0.072	-0.222 0.393	0.567 0.018	0.921 0.000	0.669 0.003			
50 m	corr. sig.	-0.428 0.087	0.144 0.582	-0.140 0.591	-0.116 0.659	-0.039 0.881	-0.216 0.405	-0.160 0.538		
100 m	corr. sig.	0.203 0.469	<b>0.700</b> <b>0.004</b>	<b>0.654</b> <b>0.008</b>	0.498 0.059	-0.043 0.880	0.323 0.241	-0.230 0.410	0.468 0.078	
200 m	corr. sig.	0.325 0.278	<b>0.668</b> <b>0.013</b>	<b>0.701</b> <b>0.008</b>	<b>0.698</b> <b>0.008</b>	0.185 0.545	0.575 0.040	0.049 0.874	0.169 0.582	<b>0.669</b> <b>0.012</b>

Table 3.6 presents the results of a correlation analysis including anthropometric parameters, lower body Wingate anaerobic test results, and swimming performance of the girls (15-17 years old). No significant correlation was found between age height and weight. From the anthropometric data, only

the weight had significant correlations with the test parameters: peak power ( $r = 0.580$ ;  $p < 0.015$ ), and average power ( $r = 0.671$ ;  $p < 0.003$ ). Very high internal correlations were observed both between test indicators ( $r = 0.870$  to  $r = 0.960$ ) and sports achievements ( $r = 0.867$  to  $r = 0.945$ ). There were significant correlations between the achievement of 50 m and absolute average power ( $r = 0.581$ ;  $p < 0.015$ ) and between 50 m swimming and relative average power ( $r = 0.540$ ;  $p < 0.025$ ).

**Table 3.6**

*Correlation analysis of anthropometric indicators, results of Wingate's anaerobic test for the lower body and swimming performance of the studied girls (15-17 years).*

♀ Wingate lower body		Age	Height	Weight	PP	RPP	AP	RAP	50 m	100 m
Height	corr. sig.	-0.326 0.202								
Weight	corr. sig.	-0.273 0.288	0.408 0.104							
PP	corr. sig.	0.083 0.751	-0.108 0.681	<b>0.580</b> <b>0.015</b>						
RPP	corr. sig.	0.214 0.410	-0.307 0.230	0.288 0.263	0.946 0.000					
AP	corr. sig.	0.034 0.896	-0.063 0.812	<b>0.671</b> <b>0.003</b>	0.960 0.000	0.870 0.000				
RAP	corr. sig.	0.174 0.504	-0.291 0.256	0.355 0.162	0.925 0.000	0.956 0.000	0.931 0.000			
50 m	corr. sig.	-0.126 0.630	-0.215 0.407	-0.367 0.147	-0.464 0.061	-0.397 0.115	<b>-0.581</b> <b>0.015</b>	<b>-0.540</b> <b>0.025</b>		
100 m	corr. sig.	-0.176 0.627	-0.461 0.180	-0.200 0.579	-0.241 0.502	-0.202 0.575	-0.374 0.287	-0.340 0.336	0.945 0.000	
200 m	corr. sig.	-0.104 0.806	-0.368 0.369	-0.299 0.472	-0.041 0.924	0.019 0.965	-0.211 0.616	-0.140 0.741	0.881 0.004	0.867 0.005

Table 3.7 presents the results of a correlation analysis including anthropometric parameters, lower body Wingate anaerobic test results and swimming achievements of boys (13-14 years). There is a high correlation of age with peak power, absolute average power, and relative average power. High to very high internal correlations exist between anaerobic test scores ( $r = 0.774$  to  $r = 0.995$ ) and between 50, 100 and 200 m freestyle achievements. High correlations are observed between age, weight, and achievement of 50 m freestyle. There were significant very high correlations between the achievement of the 50 m freestyle and test indicators, with the highest being with the average power (AP) ( $r = 0.947$ ;  $p < 0.002$ ).

**Table 3.7**

*Correlation analysis of anthropometric indicators, results of Wingate's anaerobic test for the lower body and swimming performance of the studied boys (13-14 years).*

♂ Wingate lower body		Age	Height	Weight	PP	RPP	AP	RAP	50 m	100m
Height	corr. sig.	0.318 0.488								
Weight	corr. sig.	0.724 0.066	0.501 0.252							
PP	corr. sig.	<b>0.904</b> <b>0.005</b>	0.081 0.863	<b>0.802</b> <b>0.030</b>						
RPP	corr. sig.	0.688 0.087	-0.414 0.356	0.243 0.599	0.774 0.041					
AP	corr. sig.	<b>0.891</b> <b>0.007</b>	0.148 0.752	<b>0.853</b> <b>0.015</b>	0.995 0.000	0.712 0.073				
RAP	corr. sig.	<b>0.803</b> <b>0.030</b>	-0.238 0.607	0.491 0.263	0.913 0.004	0.963 0.000	0.873 0.010			
50 m	corr. sig.	-0.965 0.000	-0.240 0.604	-0.765 0.045	<b>-0.936</b> <b>0.001</b>	<b>-0.720</b> <b>0.068</b>	<b>-0.947</b> <b>0.002</b>	<b>-0.846</b> <b>0.016</b>		
100 m	corr. sig.	-0.915 0.029	-0.237 0.701	-0.811 0.096	-0.982 0.003	-0.566 0.320	-0.982 0.003	-0.797 0.106	0.960 0.010	
200 m	corr. sig.	-0.998 0.043	-1.000 0.005	-0.856 0.346	-0.990 0.092	-0.974 0.146	-0.975 0.142	-0.999 0.030	1.000 0.009	1.000 .

Table 3.8 presents the results of a correlation analysis including anthropometric parameters, Wingate anaerobic test results and swimming achievements of the boys (15-17 years old). There was a moderate correlation between age and height ( $r = 0.423$ ;  $p < 0.007$ ) and between height and weight ( $r = 0.562$ ;  $p < 0.001$ ). Peak power (PP) and average power (AP) show moderate correlations with anthropometric data (from  $r = 0.490$  to  $r = 0.666$ ). Again, high internal correlations were observed between anaerobic test scores from  $r = 0.625$  to  $r = 0.896$  and swimming performance from  $r = 0.758$  to  $r = 0.931$ . Achievements of 50, 100 and 200 m show significant correlations with age and anthropometric data. Achievements of 50, 100 and 200 m freestyle correlated significantly with test indicators, with the highest correlation between 50 m freestyle and average power (AP) ( $r = 0.784$ ;  $p < 0.001$ ). As the distance increases, the correlation with the test indicators decreases.



**Table 3.8**

*Correlation analysis of anthropometric indicators, results of Wingate's anaerobic test for the lower body and swimming performance of the studied boys (15-17 years).*

♂ Wingate lower body		Age	Height	Weight	PP	RPP	AP	RAP	50 m	100m
Height	corr. sig.	<b>0.423</b> <b>0.007</b>								
Weight	corr. sig.	0.181 0.264	<b>0.562</b> <b>0.000</b>							
PP	corr. sig.	0.490 0.001	0.504 0.001	0.537 0.000						
RPP	corr. sig.	0.471 0.002	0.242 0.132	-0.007 0.964	0.837 0.000					
AP	corr. sig.	0.511 0.001	0.593 0.000	0.666 0.000	0.896 0.000	0.625 0.000				
RAP	corr. sig.	0.515 0.001	0.285 0.074	-0.035 0.832	0.707 0.000	0.853 0.000	0.721 0.000			
50 m	corr. sig.	-0.537 0.000	-0.519 0.001	-0.549 0.000	<b>-0.696</b> <b>0.000</b>	-0.478 0.002	<b>-0.784</b> <b>0.000</b>	-0.548 0.000		
100 m	corr. sig.	-0.418 0.024	-0.420 0.023	-0.230 0.229	<b>-0.655</b> <b>0.000</b>	-0.617 0.000	<b>-0.704</b> <b>0.000</b>	-0.712 0.000	0.931 0.000	
200 m	corr. sig.	-0.237 0.289	-0.320 0.146	-0.468 0.028	<b>-0.528</b> <b>0.011</b>	-0.351 0.109	<b>-0.634</b> <b>0.002</b>	-0.488 0.021	0.758 0.000	0.845 0.000

### ***Regression analysis***

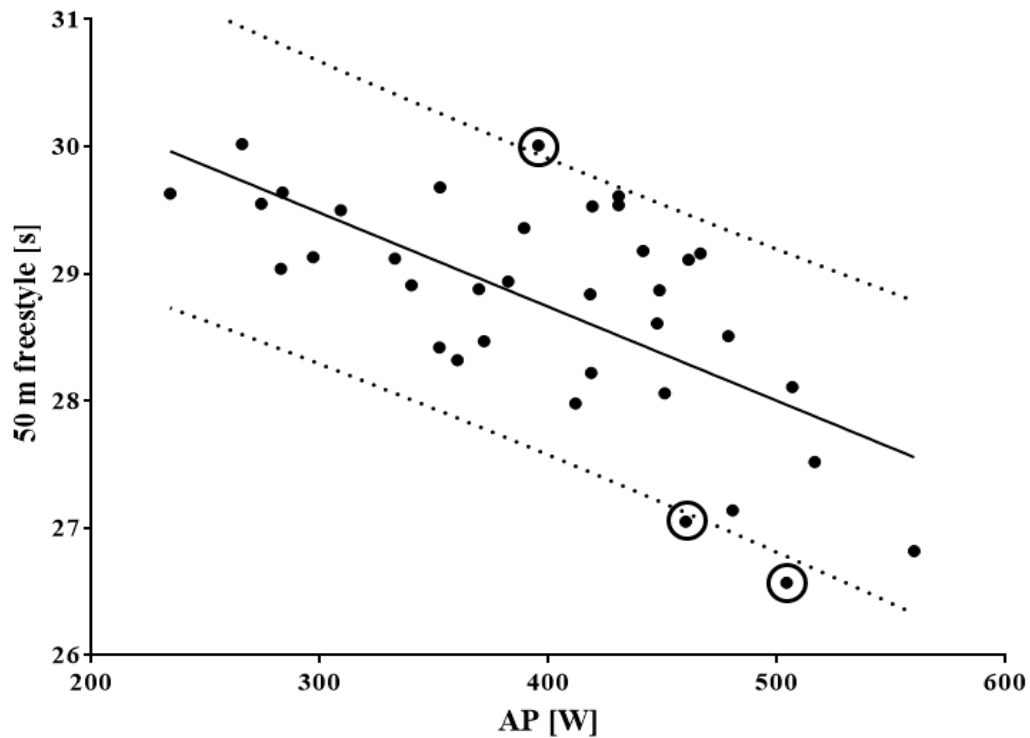
A linear multiple regression step analysis was performed to evaluate the impact of the anaerobic performance test on the achievement of 50 m freestyle individually for both sexes. In the stepwise regression as independent variables included in addition to the most informative indicators obtained from the Wingate anaerobic test for the lower body (PP, RPP, AP, and RAP) are the age, height, the weight of the participants.

For girls (Figure 3.1), in the stepwise regression analysis, only the absolute average power (AP), which shows the highest correlation with swimming achievements, was the only argument for the regression equation. The regression equation is as follows:

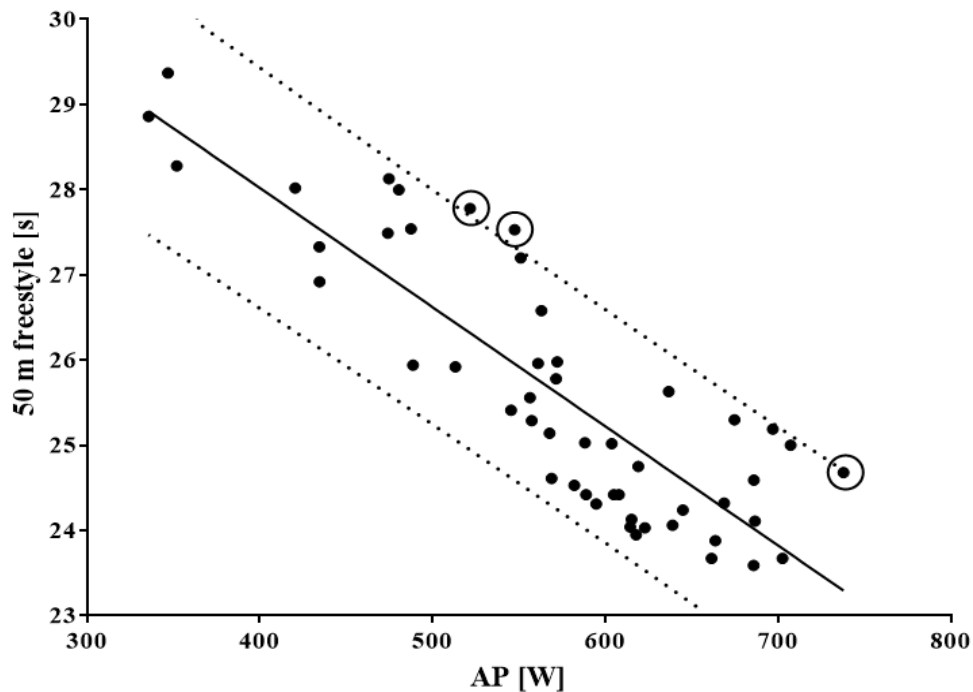
$$\text{50 m time [s]} = -0.0074 \cdot \text{AP [W]} + 31.696 \quad (r = -0.660; p < 0.001)$$

For boys (Figure 3.2), in the stepwise regression analysis, again only the absolute average power (AP), which was the only argument for the regression equation. The regression equation is as follows:

$$\text{50 m time [s]} = -0.014 \cdot \text{AP [W]} + 33.616 \quad (r = -0.859 p < 0.001)$$



**Figure 3.1** Graphical representation of the linear regression equation for the dependence of athletic achievement on average power (AP) developed in the lower body WAnT ( $r = -0.660$ ;  $p < 0.001$ ) in girls. Dotted lines indicate a 90% predictive interval, and the points that extend beyond it are marked with a circle.



**Figure 3.2** Graphical representation of the linear regression equation for the dependence of athletic achievement on average power (AP) developed in the lower body WAnT ( $r = -0.859$ ;  $p < 0.001$ ) in boys. Dotted lines indicate a 90% predictive interval, and the points that extend beyond it are marked with a circle.

## ***Percentiles***

Percentile assessments of Wingate's anaerobic test results for the lower body would be very useful for evaluating anaerobic performance in swimming athletes. The age range of the study participants, from 13 to 18 years, determines significant age differences in results (Figure 3.3). For this reason, the competitors are divided into age groups according to the rules of the Bulgarian Swimming Federation. Thus, the following age groups fall into our study age range: boys and girls (13-14 years), boys and girls (15-17 years), and men and women (18+ years) at these ages and gender groups in which there were a sufficient number of cases (girls 13-14, and boys and girls 15-17 years), percentile scores for the most informative anaerobic test indicators were calculated (Table 3.9, Table 3.10 and Table 3.11).

***Table 3.9***

*Percentiles (PCTL) of the basic parameters of the lower body Wingate Anaerobic Test for girls (13-14-year-old)*

PCTL	PP [W]	PP [W/kg]	AP [W]	AP [W/kg]	PCTL	PP [W]	PP [W/kg]	AP [W]	AP [W/kg]
99,9%	552,8	9,50	441,4	7,60	43,7%	420,1	7,80	350,2	6,20
93,7%	528,9	9,20	419,2	7,50	37,5%	418,0	7,70	340,1	6,10
87,5%	500,2	9,10	395,6	7,30	31,2%	402,4	7,60	309,1	6,00
81,2%	494,3	9,00	389,3	7,25	25,0%	389,0	7,30	297,0	5,80
75,0%	492,9	8,95	382,3	7,20	18,7%	369,1	7,10	283,6	5,70
68,7%	485,9	8,90	371,8	7,15	12,5%	362,8	6,85	282,9	5,40
62,5%	445,7	8,85	369,5	7,10	6,2%	349,6	6,80	274,3	5,30
56,2%	441,5	8,80	360,2	6,60	1,0%	348,2	6,60	265,9	5,00
50,0%	432,1	8,50	352,5	6,40					

**Table 3.10**

*Percentiles (PCTL) of the basic parameters of the lower body Wingate Anaerobic Test for girls (15-17-year-old)*

PCTL	PP [W]	PP [W/kg]	AP [W]	AP [W/kg]	PCTL	PP [W]	PP [W/kg]	AP [W]	AP [W/kg]
99,9%	694,8	10,87	516,5	8,10	43,7%	596,7	9,70	447,6	7,35
93,7%	680,9	10,80	506,7	7,90	37,5%	586,8	9,60	430,7	7,30
87,5%	669,3	10,60	504,2	7,70	31,2%	542,6	9,10	430,7	7,25
81,2%	629,6	10,35	480,6	7,65	25,0%	533,7	9,00	418,7	7,20
75,0%	624,5	10,30	478,7	7,60	18,7%	526,1	8,90	418,3	7,15
68,7%	619,7	10,20	466,5	7,56	12,5%	516,2	8,60	411,8	6,90
62,5%	613,8	9,82	461,3	7,49	6,2%	429,4	8,00	332,8	6,20
56,2%	610,4	9,80	450,9	7,45	1,0%	272,4	4,60	234,4	4,00
50,0%	598,3	9,75	448,6	7,40					

**Table 3.11**

*Percentiles (PCTL) of the basic parameters of the lower body Wingate Anaerobic Test for boys (15-17-year-old)*

PCTL	PP [W]	PP [W/kg]	AP [W]	AP [W/kg]	PCTL	PP [W]	PP [W/kg]	AP [W]	AP [W/kg]
99,9%	1047,0	14,40	737,8	9,70	47,3%	788,7	11,10	594,7	8,50
97,3%	1035,0	14,30	707,2	9,65	44,7%	785,5	11,00	588,8	8,47
94,7%	994,5	14,23	702,5	9,60	42,1%	763,0	10,90	582,0	8,45
92,1%	968,7	14,20	696,9	9,54	39,4%	749,2	10,85	572,1	8,40
89,4%	953,5	13,40	686,6	9,45	36,8%	742,4	10,80	568,8	8,35
86,8%	949,0	13,30	674,8	9,40	34,2%	740,4	10,75	567,7	8,30
84,2%	933,9	12,90	668,7	9,30	31,5%	725,7	10,70	563,0	8,25
81,5%	914,2	12,70	663,7	9,20	28,9%	716,8	10,50	561,0	8,20
78,9%	904,5	12,70	661,5	9,10	26,3%	712,4	10,41	557,4	8,15
76,3%	898,1	12,60	644,9	9,00	23,6%	708,0	10,40	551,0	8,10
73,6%	886,8	12,30	638,9	8,90	21,0%	706,3	10,35	547,4	8,05
71,0%	872,8	12,20	636,6	8,87	18,4%	695,0	10,30	521,7	8,00
68,4%	854,4	12,10	622,9	8,85	15,7%	682,6	9,90	513,1	7,95
65,7%	849,5	11,90	619,0	8,80	13,1%	634,9	9,80	488,7	7,90
63,1%	848,9	11,85	617,8	8,75	10,5%	619,2	9,70	487,5	7,85
60,5%	834,1	11,80	615,2	8,70	7,8%	605,4	9,50	474,7	7,80
57,8%	808,7	11,50	614,4	8,65	5,2%	603,5	9,40	434,5	7,50
55,2%	805,7	11,40	607,9	8,60	2,6%	547,1	8,90	434,4	6,30
52,6%	804,5	11,30	604,9	8,55	1,0%	510,3	7,90	420,5	6,20
50,0%	788,8	11,20	603,7	8,52					

It is necessary the percentiles assessments to be completed for the other age groups and to be updated periodically on the basis of regular tests.

### ***Discussion of the results of the Wingate anaerobic test for the lower body***

The descriptive statistics (Table 3.1, Table 3.2, Table 3.3 and Table 3.4) showed low coefficients of variation in anthropometric parameters in girls and boys (13-14 years old), which shows the homogeneity of the four samples. The small sample size of men ( $n = 3$ ) and women ( $n = 2$ ) did not allow for reliable variation analysis for this age group. In all other groups, the relative anaerobic performance indicators have a lower coefficient of variation than the corresponding absolute indicators. The lower coefficient of variation is due to the fact that the relative variation eliminates the variation due to the difference in weight. Thus, the lowest variation was obtained for the relative maximum performance (RPP) and average power (RAP). Due to the large heterogeneity of the tPP, PVmax and tVmax indicators and the lack of reliable correlation with all other indicators, they were excluded from the analysis of all ages at both genders. The 50, 100 and 200 m freestyle achievements for all girls and boys vary between 395 and 565 FINA points and have a very low coefficient of variation (1.77% to 6.33%). This shows a strong uniformity of the samples in terms of the athletic and technical qualities of the competitors. The 13-14-year-old girls' 50, 100 and 200 m freestyle achievements were 1.07, 1.04 and 1.10 times lower respectively than those of the boys at the same age. This corresponds to 1.39 times higher peak power (PP) and 1.32 times higher average power (AP) of boys compared to girls. Given that the required power in swimming increases with the third speed, at 1.32 times higher average power, it can be expected that the speed and achievement should be  $\sqrt[3]{1.32} = 1.10$  times lower in girls than boys.

The achievements of 15-17-year-old girls in the 50, 100 and 200 m freestyle are respectively 1.12, 1.14 and 1.15 times lower than those of boys at the same age. This corresponds to 1.38 times higher peak power (PP) and 1.34 times higher average power (AP) of boys than that of girls. Given that the required power in swimming increases with the third speed, then at 1.32 times higher average power, it can be expected that speed and achievement should be  $\sqrt[3]{1.34} = 1.11$  times lower in girls compared to boys.

At the age of 13-14 years, there are smaller differences between girls and boys in terms of swimming performance. This may be due to the regular development of anaerobic power in adolescents during puberty.

Correlation analysis (Table 3.5, Table 3.6, Table Table 3.7 and Table 3.8) revealed significant, high internal correlations, both between the individual anaerobic test indicators and between the swim achievements of the different freestyle distances at both ages (with except for the correlation between 50 and 100 m and 50 and 200 m in 13-14-year-old girls).

Both girls and boys of all ages have a strong correlation between the main anaerobic test parameters - PP, AP and MP. Higher peak power (PP) is associated with a greater decline in performance (PD) during the test (correlations with PD are not shown in the tables). Also, the higher the peak power (PP), corresponds with greater the work performed (AP).

For both genders in all age groups, relative indicators (RPP and RAP) have no significant correlation with weight, since its influence is eliminated in the calculation of these indicators. Of the anaerobic test indicators, the highest correlated with the 50 m freestyle achievement in both sexes at all ages except girls where it is unreliable has average power (AP): for 15-17 year old girls  $r = -0.581$  ( $p < 0.015$ ); in 13-14 year old boys  $r = -0.947$  ( $p < 0.002$ ); in 15-17 year old boys  $r = 0.784$  ( $p < 0.001$ ). The correlation coefficients of this indicator with the 50 m freestyle performance in girls and boys are not significantly different from each other ( $p = 0.22$ ). Other authors also identify average power (AP) as the highest correlation indicator with athletic achievement (Demarie et al., 2019). It should be noted that there are some studies that show the highest correlation of achievement with relative average power (Hawley et al., 1992) and peak power (Duche et al., 1993).

The lower correlation of relative (RAP) versus absolute (AP) average power with the swimming achievements of 50 m in boys ( $r = -0.947$ ;  $p < 0.002$  vs.  $r = -0.936$ ;  $p < 0.001$ ) and in girls ( $r = -0.784$ ;  $p < 0.001$  vs.  $r = -0.696$ ;  $p < 0.001$ ) corresponds to the observations of other authors according to which, when swimming, since the weight is balanced by the lifting power of the water, the relative power does not give higher correlation with achievement than the absolute (Yeater et al., 1981; Morouço et al., 2011).

Similar to the results of other authors (Duche et al., 1993) in the present study, in 15-17-year-old boys, with the increasing of the race distance, the relationship between anaerobic test performance and swimmers achievement decreases. This is probably due to the diminishing importance of the anaerobic-alactate system at 100 and 200 meters and the increasing proportion of the aerobic system, especially at 200 m. The duration of the 50 m freestyle racing swim is commensurate with the anaerobic test duration, so we have a close distribution of the energy supply mechanisms in terms of total anaerobic test energy consumption for the lower limbs.

Following a linear stepwise regression of the relationship between achievement and basic anaerobic test indicators, the absolute average power (AP) remains the only argument in the regression equation (Figure 3.1 and Figure 3.2). Competitors whose 50m freestyle achievements meet points that lie above the predictive regression lines show a discrepancy between measured average power and sport achievement, which can be largely attributed to the two most likely

reasons: 1) for - their ineffective, free-style swimming technique; 2) very low anaerobic power of the upper body.

Competitors whose 50m freestyle performance corresponds to points below the predictive regression lines of Figure 3.1 and Figure 3.2 show better performance than expected with their anaerobic power. In these cases, the two most probable reasons can also be discussed: 1) much more efficient than the average free-style swimming technique; 2) very high anaerobic power of the upper body.

In order to reach a conclusion in the cases described above, it is necessary to perform a complex analysis of anaerobic performance, which also includes an anaerobic power of the upper body.

It is of practical interest for the size of the deviation from the regression line to indicate with sufficient likelihood that the competitors deviate significantly from the regression model. A suitable criterion is a deviation greater than the 90% predictive interval (Figure 3.1 and Figure 3.2). Thus, Figure 3.1 highlights the results of 3 competitors whose results are outside the 90% predictive interval (fenced in a circle). One is above the (upper fenced point) and the other two below (the two lower fenced points) the predictive interval. Figure 3.2 highlights the results of 3 competitors whose results are outside the 90% predictive interval (fenced in a circle). All three points fall above the predictive interval (the above three fenced points).

Assessing the age differences in the indicators of lower-body Wingate anaerobic test like other authors, (Van Praagh, 2000; Vandewalle et al., 1989; Carvalho et al., 2011) we observe an increase in anaerobic performance with increasing age of competitors. The fluctuations in 17-year-old girls and 14-year-old adolescents are likely due to the transversal nature of the study and the small number of cases at these ages ( $n = 3$  girls and  $n = 3$  adolescents). The absolute values of the main indicators increase more than the relative in both sexes. This is due to the fact that the absolute values reflect both qualitative physiological changes and quantitative changes in body composition, as well as the age absolute increase in muscle mass. The smaller number of observations in this study compared to studies of other authors (Van Praagh 2000), in a larger number of cases, does not allow to state whether in puberty there is delayed development of anaerobic performance in girls.

The presented average power estimates (AP) of the lower body Wingate anaerobic test for girls and boys (Table 3.10 and Table 3.11) are of preliminary, indicative nature only. For the purposes of the future coaching practice is needed a systematic age monitoring of the anaerobic performance indicators of elite

swimmers in Bulgaria and creating and constantly updating age standards based on national longitudinal studies.

### **Wingate anaerobic test for the upper body**

#### ***Descriptive statistics***

Table 3.12 presents the results of the variation analysis of the studied girls (15-17 years), as follows: anthropometric parameters, Wingate upper body anaerobic test results, and freestyle swimming achievements. The average height of the athletes was  $171.2 \pm 4.82$  cm and the average weight was  $61.1 \pm 3.74$  kg. For both indicators, the coefficient of variation was less than 10%, indicating a strong homogeneity of the group as regards to anthropometric data. The average values of the Wingate absolute values were: peak power (PP) -  $294.3 \pm 85.70$  W, average power (AP) -  $209.50 \pm 47.82$  W, minimum power (MP) -  $219.6 \pm 52.29$  W and power drop (PD) -  $154.7 \pm 38.11$  W. The coefficients of variation for these indicators were in the range of 28.31 to 36.94%, the lowest being the average power (AP) and the largest for the power drop (PD). The average values of the relative indicators were: peak power (RPP) -  $4.78 \pm 1.21$  W / kg, average power (RAP) -  $3.58 \pm 0.71$  W / kg, minimum power (RMP)  $2.53 \pm 0.55$  W / kg and power drop (RPD) -  $2.28 \pm 0.76$  W / kg. The coefficients of variation in these indicators ranged between 19.75 and 33.42%, with the lowest being the average power (RAP) and the highest being the power drop (RPD). The relative indicators had smaller coefficients of variation and, accordingly, higher uniformity than the absolute ones. As with the anaerobic lower body test, the tPP, PVmax, and tVmax indicators had a large range and coefficients of variation much higher than 30% (from 58.72% to 147.90%). The mean values of swimming achievement were as follows: 50 m freestyle -  $28.79 \pm 1.53$  s, which corresponds to 504 points of the FINA table, 100 m freestyle -  $63.77 \pm 2.90$  s. (496 points) and 200 m freestyle -  $137.80 \pm 5.43$  s (532 points). The coefficients of variation in sports performance were less than 10% (from 3.94 to 5.31%), indicating a strong uniformity in the sample in terms of sports qualifications. In girls, most of the studied parameters except PD% and results of 50 and 100 m have a normal distribution.



**Table 3.12**

*Variation analysis of anthropometric parameters, results of the upper body Wingate anaerobic test and swimming performance of the studied girls (15-17 years).*

Variables ♀	n	Range	X <sub>min</sub>	X <sub>max</sub>	ND	$\bar{x}$	SD	V%
Height [cm]	9	14.0	163.0	177.0	yes	<b>171.2 #</b>	4.82	2.81
Weight [kg]	9	11.5	55.2	66.7	yes	<b>61.1</b>	3.74	6.13
PP [W]	9	236.7	176.6	413.3	yes	<b>294.3</b>	85.70	29.12
RPP [W/kg]	9	3.1	3.2	6.3	yes	<b>4.78</b>	1.21	25.35
AP [W]	9	150.3	146.5	296.8	yes	<b>219.6</b>	52.29	23.81
RAP [W/kg]	9	1.9	2.6	4.5	yes	<b>3.58</b>	0.71	19.75
MP [W]	9	104.1	99.3	203.4	yes	<b>154.7</b>	38.11	24.64
RMP [W/kg]	9	1.5	1.6	3.1	yes	<b>2.53</b>	0.55	21.53
PD [W]	9	144.4	65.5	209.9	yes	<b>139.7</b>	51.59	36.94
RPD [W/kg]	9	2.1	1.1	3.2	yes	<b>2.28</b>	0.76	33.42
PD [%]	9	21.2	31.0	52.2	no	<b>46.5</b>	7.04	15.14
TW [J]	9	4406.4	4382.4	8788.8	yes	<b>6506.7</b>	1545.02	23.75
50 m [s]	9	5.04	26.01	31.05	no	<b>28.79</b>	1.53	5.31
100 m [s]	4	6.07	59.48	65.55	no	<b>63.77</b>	2.90	4.55
200 m [s]	4	12.27	129.86	142.13	yes	<b>137.80</b>	5.43	3.94

ND – normal distribution;

Table 3.13 presents the results of a descriptive statistics of boys (15-17 years old) as follows: anthropometric parameters, upper body Wingate anaerobic test results and swimming performance. The average height of the athletes was  $180.3 \pm 5.91$  cm and the average weight was  $70.1 \pm 5.38$  kg. The coefficients of variation in these indicators were below 10%, indicating strong uniformity of the group in terms of height and weight. The average values of the Wingate absolute indices were: peak power (PP) -  $560.8 \pm 132.17$  W, average power (AP) -  $386.2 \pm 63.85$  W, minimum power (MP) -  $247.5 \pm 41.32$  W and power drop (PD) -  $313.3 \pm 35.46$  W. The coefficients of variation in these indicators ranged from 16.53 to 35.46%, the lowest being for the average power (AP) and the largest one for the power drop (PD). The mean values of the relative Wingate test indicators for the upper body were: peak power (RPP) -  $7.97 \pm 1.64$  W / kg, average power (RAP) -  $5.50 \pm 0.75$  W / kg, minimum power (RMP)  $3.52 \pm 0.52$  W / kg and power drop (RPD) -  $4.45 \pm 1.44$  W / kg. The coefficients of variation for these indicators were between 13.66 and 32.49%, the lowest being for the average power (RAP) and the highest one for the power drop (RPD). Relative indicators were more homogeneous than absolute ones. The parameters tPP and tVmax had a large range and large coefficients of variation higher than 30% (77.79% and 56.09%), indicating their strong heterogeneity. The average swimming achievement were: 50 m freestyle -  $25.29 \pm 1.31$  s, which corresponds to 514 points of the FINA table, 100 m freestyle -  $53.76 \pm 1.72$  s (584 points), at 200 m freestyle -  $117.66 \pm 3.67$

(602 points). The coefficients of variation in sprint performance ranged from 3.12 to 5.19%, indicating a strong uniformity in the sample in terms of sports qualifications.

Height, tPP [ms] and boys' sprint performance of 50 and 100 m had different from a normal distribution. All other studied indicators have a normal distribution.

**Table 3.13**

*Variation analysis of anthropometric parameters, results of the upper body Wingate anaerobic test and swimming performance of the studied boys (15-17 years).*

Variables ♂	n	Range	X <sub>min</sub>	X <sub>max</sub>	ND	$\bar{x}$	SD	V%
Height [cm]	28	27.0	165.0	192.0	-	180.3	5.91 &	3.28
Weight [kg]	28	20.9	60.9	81.8	+	70.1	5.38 &	7.68
PP [W]	28	596.7	318.5	915.2	+	560.8	132.17 &	23.57
RPP [W/kg]	28	8.2	4.2	12.4	+	7.97	1.64 &	20.50
AP [W]	28	257.0	260.5	517.5	+	386.2	63.85 &	16.53
RAP [W/kg]	28	3.5	3.4	6.9	+	5.50	0.75 &	13.66
MP [W]	28	206.3	147.8	354.1	+	247.5	41.32 &	16.69
RMP [W/kg]	28	2.4	2.1	4.5	+	3.52	0.52 &	14.72
PD [W]	28	501.3	119.6	620.9	+	313.3	111.10 &	35.46
RPD [W/kg]	28	6.8	1.6	8.4	+	4.45	1.44 &	32.49
PD [%]	28	31.7	37.5	69.2	+	54.5	8.76 *	16.08
TW [J]	28	7458.1	7853.2	15311.3	+	11398.5	1839.5 &	16.14
50 m [s]	28	4.32	23.56	27.88	-	25.29	1.31 &	5.19
100 m [s]	13	6.62	52.18	58.80	-	53.76	1.72 #	3.20
200 m [s]	12	11.10	112.69	123.79	+	117.66	3.67 &	3.12

\* -  $p < 0.05$ ; # -  $p < 0.01$ ; & -  $p < 0.001$  against the girls; ND – normal distribution;

### ***Correlation analysis***

Table 3.14 presents the correlation analysis of anthropometric parameters, the results of the upper body Wingate anaerobic test and the swimming performance of the studied girls (15-17 years). There was a high correlation between height and weight ( $r = 0.809$ ;  $p < 0.008$ ). There are very high internal correlations between Wingate test results (from  $r = 0.962$  to  $r = 0.990$ ) and high between swimming achievements (from  $r = 0.962$  to  $r = 0.986$ ). There are high correlations between age and anaerobic test values, as well as between anthropometric data and peak and average power. Achievements of 50 m freestyle correlated significantly with anaerobic test indicators, with the highest correlation with average power ( $r = 0.794$ ;  $p < 0.011$ ).

Table 3.15 presents the correlation analysis of anthropometric parameters, the results of the upper body Wingate anaerobic test, and the swimming performance of boys (15-17 years old). There was a significant correlation between height and weight ( $r = 0.528$ ;  $p < 0.004$ ). There are very high internal correlations between test indicators (from  $r = 0.846$  to  $r = 0.948$ ) and high between swimming achievements (from  $r = 0.521$  to  $r = 0.882$ ). There were correlations between weight and peak power ( $r = 0.648$ ;  $p < 0.012$ ) and between weight and average power ( $r = 0.540$ ;  $p < 0.003$ ). Results of the 50 m freestyle correlated with the weight and anaerobic test indicators, with the highest correlation between the swimming achievement and average power (AP) ( $r = 0.771$ ;  $p < 0.001$ ). There is a decrease in the correlation coefficient with the average power as the swimming distance increases.

**Table 3.14**

*Correlation analysis of anthropometric parameters, results of the upper body Wingate anaerobic test and swimming performance of girls (15-17 years old).*

♀ Wingate upper body		Age	Height	Weight	PP	RPP	AP	RAP	50 m	100 m
Height	corr. sig.	0.502 0.169								
Weight	corr. sig.	0.478 0.193	<b>0.809</b> <b>0.008</b>							
PP	corr. sig.	0.776 0.014	0.634 0.067	0.732 0.025						
RPP	corr. sig.	0.778 0.013	0.550 0.125	0.604 0.085	0.984 0.000					
AP	corr. sig.	0.787 0.012	0.689 0.040	0.765 0.016	0.990 0.000	0.962 0.000				
RAP	corr. sig.	0.809 0.008	0.582 0.100	0.610 0.081	0.976 0.000	0.984 0.000	0.977 0.000			
50 m	corr. sig.	-0.813 0.008	-0.676 0.046	-0.798 0.010	<b>-0.779</b> <b>0.013</b>	-0.709 0.032	<b>-0.794</b> <b>0.011</b>	-0.711 0.032		
100 m	corr. sig.	-0.407 0.593	-0.424 0.576	-0.375 0.625	-0.463 0.537	-0.280 0.720	-0.630 0.370	-0.513 0.487	0.962 0.038	
200 m	corr. sig.	-0.532 0.468	-0.273 0.727	-0.214 0.786	-0.412 0.588	-0.313 0.687	-0.561 0.439	-0.532 0.468	0.963 0.037	0.986 0.014

**Table 3.15**

*Correlation analysis of anthropometric parameters, results of the upper body Wingate anaerobic test and swimming performance of boys (15-17 years old).*

♂ Wingate upper body		Age	Height	Weight	PP	RPP	AP	RAP	50 m	100m
Height	corr. sig.	0.127 0.520								
Weight	corr. sig.	0.160 0.415	<b>0.528</b> <b>0.004</b>							
PP	corr. sig.	0.246 0.207	0.144 0.463	<b>0.468</b> <b>0.012</b>						
RPP	corr. sig.	0.235 0.228	-0.019 0.924	0.167 0.394	0.948 0.000					
AP	corr. sig.	0.249 0.201	0.124 0.529	<b>0.540</b> <b>0.003</b>	0.933 0.000	0.846 0.000				
RAP	corr. sig.	0.220 0.261	-0.136 0.491	0.093 0.638	0.847 0.000	0.912 0.000	0.886 0.000			
50 m	corr. sig.	-0.251 0.198	-0.117 0.553	-0.511 0.005	<b>-0.756</b> <b>0.000</b>	-0.674 0.000	<b>-0.771</b> <b>0.000</b>	-0.642 0.000		
100 m	corr. sig.	-0.199 0.514	-0.755 0.003	-0.222 0.465	-0.516 0.071	-0.499 0.082	-0.615 0.025	-0.581 0.037	0.882 0.000	
200 m	corr. sig.	-0.398 0.201	-0.418 0.177	-0.183 0.568	-0.566 0.055	-0.554 0.062	-0.585 0.046	-0.567 0.054	0.521 0.082	0.734 0.016

### ***Regression analysis***

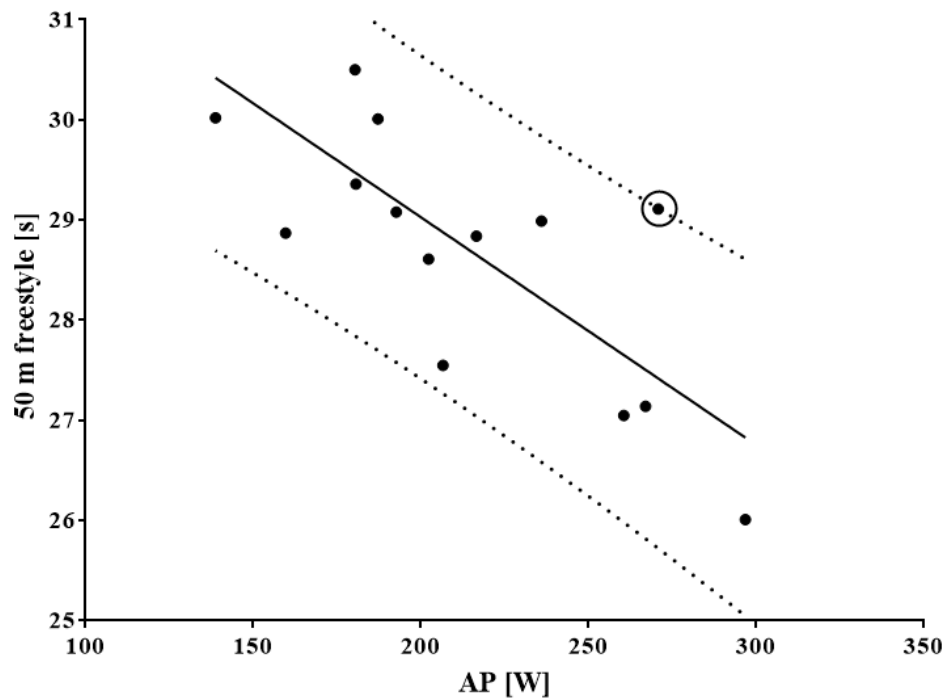
Separately for both sexes, a linear multiple regression step analysis was performed to evaluate the combined impact of the anaerobic performance test on the swimming achievement of 50 m freestyle. In the stepwise regression, independent variables (age, height, and weight of the competitors) were included in addition to the most informative indicators obtained from Wingate's anaerobic upper body test (PP, RPP, AP, and RAP).

After the stepwise regression analysis, only the absolute mean power (AP) remained the only argument in the regression equation for girls (Figure 3.5). The regression equation is as follows:

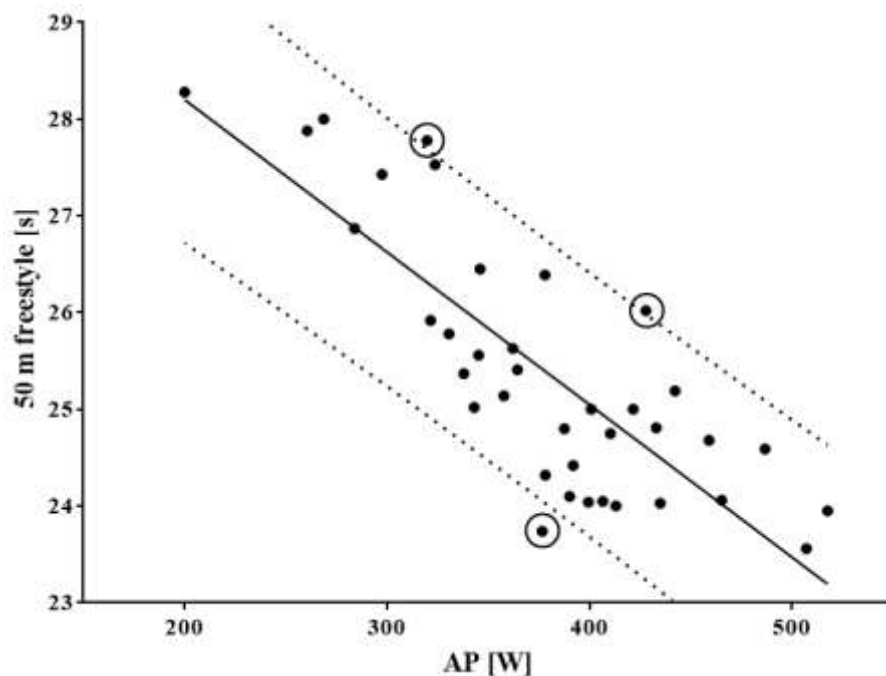
$$\mathbf{50\ m\ time\ [s] = -0.0227 \cdot AP\ [W] + 33.58\ (r = -0.788; p < 0.001)}$$

After the stepwise regression analysis, only the absolute average power (AP) remained the only argument in the regression equation of the boys (Figure 3.6). The regression equation is as follows:

$$\mathbf{50\ m\ time\ [s] = -0.0158 \cdot AP\ [W] + 31.36\ (r = -0.811; p < 0.001)}$$



**Figure 3.5** Graphical representation of the linear regression equation for the dependence of athletic achievement on average power (AP) developed in the Wingate upper body test ( $r = 0.788$ ;  $p < 0.001$ ) in girls. Dotted lines indicate the 90% prediction interval and points that extend beyond it are indicated by a circle.



**Figure 3.6** Graphical representation of the linear regression equation for the dependence of athletic achievement on average power (AP) developed in the Wingate upper body test ( $r = -0.811$ ;  $p < 0.001$ ) in boys. Dotted lines indicate the 90% prediction interval and points that extend beyond it are indicated by a circle.

## ***Percentiles***

Percentile assessments of the upper body Wingate anaerobic test results can be used to evaluate anaerobic performance in swimmers. Like the anaerobic Wingate test for the lower private body, the age range of the studied girls and boys is 13 to 18 years, which determines significant age differences in test indicators (Figure 3.7). For this reason, the contestants of both sexes were divided into three age groups according to those defined by the BSF: boys and girls (13-14 years); boys and girls (15-17 years of old); men and women (18 years of age). In these groups, in which there were a sufficient number of cases (boys and girls 15-17 years of age), percentile scores for the most informative anaerobic test scores were calculated.

***Table 3.16***

*Percentiles (PCTL) of the basic parameters of the upper body Wingate Anaerobic Test for girls (15-17 year old).*

PCTL	PP [W]	PP [W/kg]	AP [W]	AP [W/kg]
99,9%	413,3	6,30	296,8	4,50
87,5%	389,4	6,20	270,8	4,40
75,0%	363,3	5,70	267,0	4,20
62,5%	324,6	5,40	236,0	3,80
50,0%	306,8	5,00	216,6	3,60
37,5%	256,3	4,20	202,3	3,30
25,0%	211,3	3,60	180,4	3,10
12,5%	207,5	3,40	159,7	2,70
1,0%	176,6	3,20	146,5	2,60

**Table 3.17**

*Percentiles (PCTL) of the basic parameters of the upper body Wingate Anaerobic Test for boys (15-17 year old).*

PCTL	PP [W]	PP [W/kg ]	AP [W]	AP [W/kg ]	PCTL	PP [W]	PP [W/kg ]	AP [W]	AP [W/kg ]
99,9%	915,2	12,40	517,5	6,90	48,1%	537,7	7,85	378,1	5,60
96,2%	772,0	10,10	507,1	6,60	44,4%	522,7	7,70	377,9	5,45
92,5%	744,0	9,90	465,2	6,40	40,7%	515,6	7,70	376,5	5,40
88,8%	694,9	9,60	459,0	6,20	37,0%	514,9	7,60	362,1	5,30
85,1%	685,9	9,40	442,2	6,15	33,3%	501,9	7,20	357,7	5,20
81,4%	674,9	9,35	434,9	6,10	29,6%	487,0	7,20	345,9	5,10
77,7%	656,8	9,20	432,9	6,05	25,9%	486,9	7,20	343,0	5,00
74,0%	633,6	9,00	427,8	6,00	22,2%	480,5	7,20	337,8	4,90
70,3%	603,6	8,50	421,5	5,95	18,5%	445,0	6,90	323,7	4,85
66,6%	600,2	8,40	413,0	5,90	14,8%	438,4	6,40	321,5	4,80
62,9%	594,5	8,30	410,2	5,85	11,1%	424,3	6,40	319,7	4,75
59,2%	581,8	8,25	406,5	5,80	7,4%	412,7	6,20	297,5	4,70
55,5%	558,5	8,00	399,4	5,70	3,7%	343,7	5,10	283,9	4,20
51,8%	557,3	7,90	391,9	5,65	1,0%	318,5	4,20	260,5	3,40

### ***Discussion of the results of Wingate's anaerobic upper body test***

The descriptive statistics (Table 3.12 and Table 3.13) found that the study groups of girls and boys were highly homogeneous in weight and height. Due to the limited contingent, the descriptive statistics was not presented for boys (13-14 years) ( $n = 5$ ) and girls (13-14 years) ( $n = 4$ ), as well as for the age group of men ( $n = 4$ ) and women ( $n = 2$ ).

In both genders, the relative anaerobic performance indicators have a lower coefficient of variation than the corresponding absolute indicators. The variation is lowest for relative average power (RAP) and highest for absolute power drop (PD). This lower coefficient is probably due to the removed variation due to the difference in weight in absolute terms. Like the lower body Wingate anaerobic test, due to the large heterogeneity of the tPP, PVmax and tVmax indicators and the lack of reliable correlation between them and all other indicators, including sports performance, both for girls and for boys, they were excluded from the analysis.

The 50, 100 and 200 m freestyle achievements of girls and boys vary in close range between 496 and 602 points according to the FINA table and accordingly have a very low coefficient of variation (from 3.12% to 5.31%). This shows a strong uniformity in the sample and in terms of the sports qualities of the

competitors. The achievements of the 50, 100 and 200 m freestyle girls are slower by 1.14, 1.19 and 1.17 times respectively than those of boys. This difference corresponds to 1.90 times higher peak power (PP) and 1.76 times higher average power (AP) of boys compared to girls. Given that the required power in swimming increases with the third rate of speed, then at 1.76 times higher average power of girls compared to boys, it can be expected that speed and achievement should be  $\sqrt[3]{1.76} = 1.20$  times lower in girls compared to boys.

Correlation analysis (Table 3.14 and Table 3.15) for both sexes showed a significant high correlation between weight and height - for girls  $r = 0.809$  ( $p < 0.008$ ) and for boys  $r = 0.528$  ( $p < 0.004$ ). Reliable correlations of age with anthropometric data are likely due to the narrow age ranges studied.

Significant, high internal correlations were found between both the anaerobic test indicators and the swimming results in both sexes. Both girls and boys show a strong correlation between the main anaerobic test parameters - PP, AP, and MP. The higher peak upper body power (PP), was associated with a greater decline in performance (PD) during the study (correlations with PD are not shown in the table). Also, the higher peak power (PP) corresponds to more work done (AP). In both genders, the relative test indicators do not have a significant correlation with weight, since their influence is eliminated in their calculation.

The highest correlation with the swimming achievement of 50 m freestyle, and the anaerobic test indicators, in both sexes is absolute average power (AP). For girls, the correlation coefficient was 0.794 ( $p < 0.011$ ) and for boys 0.771 ( $p < 0.001$ ). The two correlation coefficients did not differ significantly ( $p = 0.910$ ).

Other authors have also identified the average power (AP) of the upper body anaerobic test as the indicator most correlated with swimming speed in sprint distances (Hawley & Williams, 1991; Hawley et al., 1992). On the other hand, Rohrs & Stager (1991) reported slightly higher correlations between swimming speeds of 25 and 50 yards and peak power, while at a distance of 100 yards they reported slightly higher correlations with average power. Other studies have found either low correlation dependencies of major anaerobic upper limb test and athletic performance (Guilherme et al., 2000) or unreliable ones (Sarah, 2010).

The correlation of relative average power (RAP) with a sports achievements of 50 m is less than that of absolute power: in girls  $r = -0.779$  ( $p < 0.013$ ) and in boys  $r = -0.756$  ( $p < 0.001$ ). This lower correlation of relative to absolute average power with swimming performance, as already indicated in the discussion of anaerobic lower body test results, is consistent with observations by other authors according to which when swimming, bodyweight is balanced by lifting forces and therefore relative power does not have a higher correlation with performance than absolute power (Yeater et al., 1981; Morouço et al., 2011).



Like the lower body Wingate's anaerobic test results, the correlation between anaerobic test results and swimming achievement decreases with increasing the racing distance. This trend has been reported by other authors (Guilherme et al., 2000 Rohrs & Stager, 1991). The probable cause is the decreasing importance of anaerobic systems and the increasing proportion of the aerobic system with increasing race distance. The duration of the 50 m freestyle competitive swim is commensurate with the time to perform the anaerobic upper limb test, and accordingly, we have a close distribution of the energy systems.

A linear stepwise regression analysis was performed for the effect of major anaerobic upper limb test indicators on the 50 m freestyle swimming achievement. The only argument in the regression equation for both sexes was the absolute average power (AP). Competitors whose 50 m freestyle achievement corresponds to points well above the predictive regression lines (outside the 90% predictive interval – Figure 3.5 and Figure 3.6) show a discrepancy between measured average power and swimming achievement, which at its highest degree may be due to two most probable reasons: 1) their less efficient than average freestyle swimming technique; 2) very low anaerobic power of the lower body.

Competitors whose 50m freestyle performance corresponds to points that lie significantly below the predictive regression lines of Figure 3.5 and Figure 3.6 show better performance than expected for the anaerobic power measured in them. In these cases, the two most probable reasons can also be discussed: 1) much more efficient than the average freestyle swimming technique; 2) very high anaerobic power of the lower body.

In order to draw conclusions in the cases described above, it is necessary to perform complex analysis of anaerobic performance, which should include an anaerobic capacity assessment of the lower body.

Thus, Figure 3.5 highlights the results of 1 athlete whose scores are above the 90% predictive interval (fenced in a circle). Figure 3.6 highlights the results of 3 adolescents whose results are outside the 90% predictive interval (fenced in a circle). Two of them are above the prediction interval (the two upper points fenced in a circle) and one is below the prediction interval (the lower fenced point).

With the age dynamics of anaerobic performance indicators from the Wingate anaerobic test for the upper body, similar to the results of the test for the lower body, we observe an increase in anaerobic performance with increasing age of competitors. The fluctuations in 15 and 18-year-old girls and 18-year-old boys are probably due to the transversal nature of the study and the small number of cases at these ages ( $n = 4$  and  $n = 2$  respectively for girls and  $n = 4$  for boys). The absolute values of the main indicators increase more than the relative in both sexes.

The reported percentile estimates of the average power (AP) of the lower body Wingate anaerobic test for girls and boys (Table 3.9 and Table 3.10) are for

guidance only. In the future is needed systematic age monitoring of upper body anaerobic performance indicators for elite swimmers in Bulgaria.

### **Anaerobic isokinetic swim bench test**

#### ***Descriptive statistics***

Table 3.18 presents the descriptive statistics of anthropometric parameters, the results of the isokinetic swim bench anaerobic test and the swimming performance of the studied girls (15-17 years). The average height of the athletes was  $171.2 \pm 4.02$  cm and the average weight was  $59.8 \pm 3.68$  kg. The coefficients of variation for both indicators were low: 2.38% to 6.16%, respectively. The absolute average power (AP) was  $134.9 \pm 18.15$  W and the relative average power (RAP) was  $2.25 \pm 0.22$  W / kg. The coefficient of variation of the absolute average power indicator was higher (13.46%) than that of the relative power (9.77%). The stroke rate during the test was  $49.67 \pm 4.63$ , with a coefficient of variation of 9.33% and the average stroke length was  $1.02 \pm 0.08$  m, with a coefficient of variation of 7.92%. The mean values of swimming achievements were as follows: 50 m freestyle -  $28.62 \pm 0.75$  s which is rated at 514 points according to FINA table, 100 m freestyle -  $63.18 \pm 3.24$  s (503 points FINA) and 200 m freestyle -  $136.35 \pm 5.63$  s (531 FINA points). The coefficients of variation in sports performance were between 2.61% and 5.14%, indicating a strong uniformity of results. All the indicators studied in girls show a normal distribution of the data.

**Table 3.18**

*Variation analysis of anthropometric parameters, results of isokinetic swim bench anaerobic test and swimming achievements of the studied girls (15-17 years).*

<b>Variables ♀</b>	<b>n</b>	<b>Range</b>	<b>X<sub>min</sub></b>	<b>X<sub>max</sub></b>	<b>ND</b>	<b><math>\bar{x}</math></b>	<b>SD</b>	<b>V%</b>
<b>Height [cm]</b>	6	10.0	167.0	177.0	yes	<b>171.2</b>	4.02	2.35
<b>Weight [kg]</b>	6	10.1	53.7	63.8	yes	<b>59.8</b>	3.68	6.16
<b>AP [W]</b>	6	40.2	113.7	153.9	yes	<b>134.9</b>	18.15	13.46
<b>RAP [W/kg]</b>	6	0.57	1.91	2.48	yes	<b>2.25</b>	0.22	9.77
<b>TW [J]</b>	6	1206.0	3410.0	4616.0	yes	<b>4046.0</b>	544.42	13.46
<b>AF [N]</b>	6	30.6	65.6	96.2	yes	<b>81.7</b>	10.51	12.86
<b>StrR [spm]</b>	6	14.0	42.0	56.0	yes	<b>49.7</b>	4.63	9.33
<b>StrL [m]</b>	6	0.22	0.92	1.14	yes	<b>1.02</b>	0.08	7.92
<b>50 m [s]</b>	6	1.98	27.14	29.12	yes	<b>28.62</b>	0.75	2.61
<b>100 m [s]</b>	3	6.07	59.48	65.55	yes	<b>63.18</b>	3.24	5.14
<b>200 m [s]</b>	3	10.07	129.86	139.93	yes	<b>136.35</b>	5.63	4.13

ND – normal distribution;

Table 3.19 presents the descriptive statistics of anthropometric parameters, the results of the isokinetic swim bench anaerobic test, and the swimming performance of the studied boys (15-17 years). The average height of the

participants was  $179.9 \pm 6.18$  cm and the average weight was  $69.9 \pm 6.06$  kg. The coefficients of variation for both anthropometric indicators were low (3.43% and 8.67% respectively). The absolute average power (AP) was  $219.3 \pm 23.65$  W and the relative average power (RAP) was  $3.15 \pm 0.33$  W / kg. The coefficients of variation of the absolute and relative power rates were close (10.78% and 10.53%, respectively). The stroke rate was  $56.9 \pm 5.80$ , with a coefficient of variation of 10.19%, and the stroke length -  $1.02 \pm 0.10$  m, with a coefficient of variation of 10.23%. The average swimming achievement values were: 50 m freestyle -  $24.85 \pm 0.91$  s, which is rated by 541 points on the FINA table, 100 m freestyle -  $54.65 \pm 2.57$  s (556 points FINA ) and 200 m freestyle -  $119.70 \pm 5.83$  s (572 FINA points). The coefficients of variation in sports performance were between 3.65 and 4.87%, indicating that the results are highly uniform. In boys of all studied indicators, only height and stroke rate showed a distribution different from normal.

**Table 3.19**

*Variation analysis of anthropometric parameters, results of isokinetic swim bench anaerobic test and swimming achievements of the studied boys (15-17 years).*

Variables ♂	n	Range	X <sub>min</sub>	X <sub>max</sub>	ND	$\bar{x}$	SD	V%
Height [cm]	16	25.0	165.0	190.0	no	<b>179.9 #</b>	6.18	3.43
Weight [kg]	16	23.5	58.2	81.7	yes	<b>69.9 #</b>	6.06	8.67
AP [W]	16	71.7	188.8	260.5	yes	<b>219.3 &amp;</b>	23.65	10.78
RAP [W/kg]	16	1.24	2.55	3.80	yes	<b>3.15 &amp;</b>	0.33	10.53
TW [J]	16	2152.0	5664.0	7816.0	yes	<b>6580.3 &amp;</b>	709.50	10.78
AF [N]	15	63.3	93.1	156.4	yes	<b>115.2 &amp;</b>	16.54	14.36
StrR [spm]	15	22.0	44.0	66.0	no	<b>56.9 *</b>	5.80	10.19
StrL [m]	16	0.38	0.89	1.27	yes	<b>1.02</b>	0.10	10.23
50 m [s]	16	2.84	23.74	26.58	yes	<b>24.85 &amp;</b>	0.91	3.65
100 m [s]	12	7.36	52.18	59.54	yes	<b>54.65 &amp;</b>	2.57	4.70
200 m [s]	11	20.03	112.69	132.72	yes	<b>119.70 #</b>	5.83	4.87

\* -  $p < 0.05$ ; # -  $p < 0.01$ ; & -  $p < 0.001$  against the girls; ND – normal distribution;

From the descriptive statistics (Table 3.18 and Table 3.19) it can be seen that the stroke length is the only indicator that does not differ significantly between the two sexes in this age group.

### ***Correlation analysis***

Table 3.20 presents the correlation analysis of anthropometric parameters, the results of the isokinetic swim bench anaerobic test and the swimming performance of the studied girls. The only significant correlation between anthropometric indicators is that between height and weight ( $r = 0.758$ ;  $p < 0.018$ ). The absolute and relative values of average power (AP and RAP) show high correlations with weight and age, with the highest being that of average power (AP) and weight ( $r = 0.873$ ;  $p < 0.002$ ). A naturally high positive correlation was

observed between stroke length and height ( $r = 0.795$ ;  $p < 0.010$ ). Significant correlation dependencies with the 50 m swimming achievement are observed with age, height, weight, average power (AP and RAP) and stroke length. The highest is the correlation between average power (AP) and the 50 m freestyle swimming achievement ( $r = -0.827$ ;  $p < 0.006$ ). Of the anaerobic test indicators, a statistically significant correlation was observed only between absolute and relative values of average power (AP and RAP) ( $r = 0.973$ ;  $p < 0.001$ ). High correlations are also observed between the swimming achievements of the 50, 100 and 200 m freestyle.

**Table 3.20**

*Correlation analysis of anthropometric parameters, the results of the isokinetic swim bench anaerobic test and the swimming performance of the studied girls.*

♀ Isokinetic swimbench		Age	Height	Weight	AP	RAP	StrR	StrL	50 m	100 m
Height	corr. sig.	0.589 0.095	1.000							
Weight	corr. sig.	0.547 0.128	<b>0.758</b> <b>0.018</b>	1.000						
AP	corr. sig.	0.680 0.044	0.579 0.102	<b>0.873</b> <b>0.002</b>	1.000					
RAP	corr. sig.	0.700 0.036	0.442 0.233	0.740 0.023	<b>0.973</b> <b>0.000</b>	1.000				
StrR	corr. sig.	0.166 0.670	-0.513 0.158	-0.097 0.803	0.182 0.640	0.312 0.414	1.000			
StrL	corr. sig.	0.350 0.356	<b>0.795</b> <b>0.010</b>	0.694 0.038	0.622 0.073	0.521 0.150	-0.619 0.075	1.000		
50 m	corr. sig.	-0.745 0.021	-0.763 0.017	-0.819 0.007	<b>-0.827</b> <b>0.006</b>	-0.757 0.018	0.173 0.657	<b>-0.791</b> <b>0.011</b>	1.000	
100 m	corr. sig.	-0.749 0.145	-0.973 0.005	-0.795 0.108	-0.815 0.093	-0.784 0.116	0.208 0.738	-0.852 0.067	0.939 0.018	1.000
200 m	corr. sig.	-0.621 0.264	-0.972 0.006	-0.658 0.227	-0.680 0.207	-0.647 0.238	0.406 0.497	-0.937 0.019	0.871 0.054	0.977 0.004

Table 3.21 presents the descriptive statistics of anthropometric parameters, the results of the isokinetic swim bench anaerobic test and the swimming performance of the studied boys. There were positive significant correlations between age, height and weight, with the highest being between height and weight ( $r = 0.751$ ;  $p < 0.001$ ). The average power (AP) correlated significantly with age, height, and weight, with relatively close correlation coefficients (from 0.684 to 0.697;  $p < 0.001$ ). Relative average power (RAP) correlated only with age ( $r = 0.640$ ;  $p < 0.002$ ). The 50 m freestyle swimming achievement correlates with: age, height, weight and average power (AP and RAP). The highest correlation was found between the swimming achievement of the 50 m freestyle and the average power (AP) ( $r = -0.795$ ;  $p < 0.001$ ).

**Table 3.21**

*Correlation analysis of anthropometric parameters, the results of the isokinetic swim bench anaerobic test and the swimming performance of the studied boys.*

♂ Isokinetic swimbench		Age	Height	Weight	AP	RAP	StrR	StrL	50 m	100 m
Height	corr. sig.	0.558 0.011	1.000							
Weight	corr. sig.	0.444 0.050	<b>0.751</b> <b>0.000</b>	1.000						
AP	corr. sig.	0.697 0.001	0.684 0.001	0.697 0.001	1.000					
RAP	corr. sig.	0.640 0.002	0.339 0.144	0.163 0.493	0.816 0.000	1.000				
StrR	corr. sig.	0.155 0.527	0.090 0.714	0.025 0.920	0.219 0.368	0.287 0.234	1.000			
StrL	corr. sig.	0.319 0.171	0.231 0.327	0.241 0.306	0.222 0.346	0.120 0.613	<b>-0.840</b> <b>0.000</b>	1.000		
50 m	corr. sig.	-0.724 0.000	-0.769 0.000	-0.693 0.001	<b>-0.795</b> <b>0.000</b>	-0.559 0.010	-0.212 0.384	-0.175 0.461	1.000	
100 m	corr. sig.	-0.607 0.013	-0.784 0.000	-0.663 0.005	-0.818 0.000	-0.626 0.009	-0.325 0.238	-0.084 0.756	0.962 0.000	1.000
200 m	corr. sig.	-0.439 0.116	-0.629 0.016	-0.401 0.156	-0.642 0.013	-0.449 0.107	-0.398 0.178	0.210 0.472	0.897 0.000	0.924 0.000

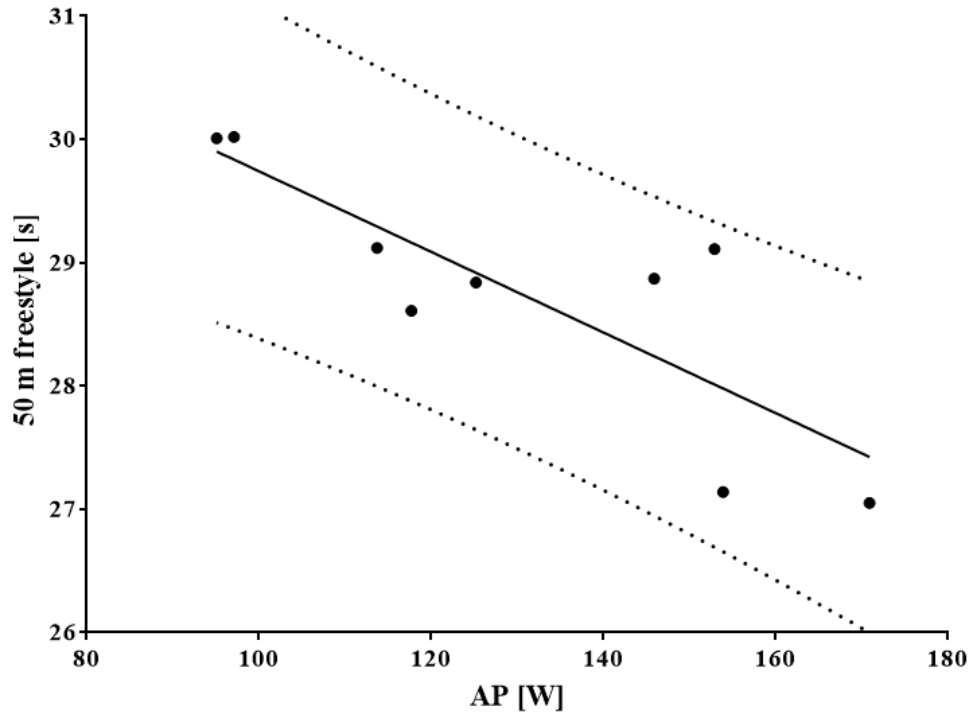
Statistically significant correlations were observed between test indicators: between absolute average power (AP) and relative average power (RAP) ( $r = 0.816$ ;  $p < 0.001$ ) and between stroke length and a stroke rate ( $r = -0.840$ ;  $p < 0.001$ ). High reliable correlations are observed between the 50, 100 and 200 m freestyle swimming achievements.

### ***Regression analysis***

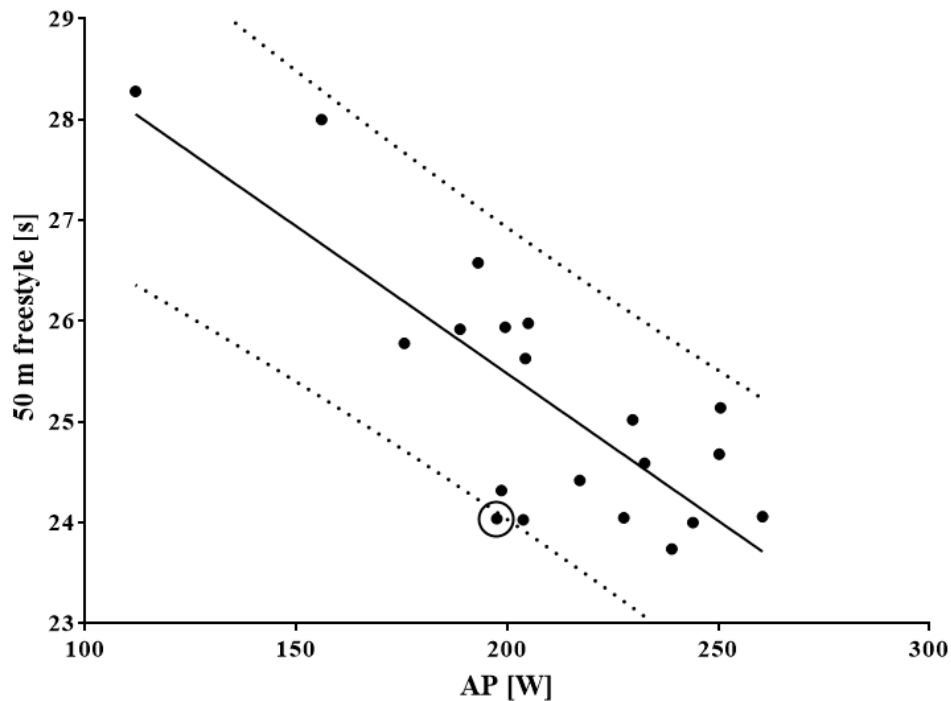
To evaluate the impact of the studied anthropometric parameters and those obtained from the anaerobic isokinetic swim bench test on the achievement of the 50 m freestyle, multiple regression stepwise analyzes was performed separately for both sexes. The stepwise regression included age, height, weight, and key anaerobic test parameters as the independent variables: AP, RAP, StrR, StrL, and AF.

From the stepwise regression analysis of the girls (Figure 3.9), the absolute average power (AP) remains the only argument in the regression equation. The regression equation is as follows:

$$\mathbf{50\ m\ time\ [s] = -0.0327 \cdot AP\ [W] + 33.01 \quad (r = -0.827; p < 0.006)}$$



**Figure 3.9** Graphical representation of the linear regression equation for the dependence of athletic achievement on average power (AP) developed in the isokinetic swim bench anaerobic test in girls ( $r = -0.827$ ;  $p < 0.001$ ). Dotted lines indicate the 90% predictive interval and points that extend beyond it are fenced.



**Figure 3.10** Graphical representation of the linear regression equation for the dependence of athletic achievement on average power (AP) developed in the isokinetic swim bench anaerobic test in boys ( $r = -0.795$ ;  $p < 0.001$ ). Dotted lines indicate the 90% predictive interval and points that extend beyond it are fenced.

From the stepwise regression analysis performed in boys (Figure 3.10), the absolute average power (AP) remains the only argument in the regression equation. The regression equation is as follows:

$$50 \text{ m time [s]} = -0.0292 \cdot \text{AP [W]} + 31.32 \quad (r = -0.795; p < 0.001)$$

### ***Percentiles***

As with the non-specific anaerobic upper and lower body tests (Wingate), percentile assessment is made for the most informative anaerobic isokinetic swim bench. Initial, indicative assessments are made only for boys (15-17 years old) based on the results of 16 subjects studied (Table 3.22).

***Table 3.22***

*Percentiles (PCTL) of the basic parameters of the isokinetic swim bench test for boys (15-17 year old).*

PCTL	AP [W]	AP [W/kg]	PCTL	AP [W]	AP [W/kg]
99,9%	260,5	3,80	46,6%	205,0	3,17
93,3%	250,5	3,56	40,0%	204,3	3,05
86,6%	250,2	3,45	33,3%	203,8	3,04
80,0%	244,0	3,43	26,6%	199,5	3,02
73,3%	239,0	3,32	20,0%	198,6	2,86
66,6%	229,7	3,28	13,3%	197,5	2,84
60,0%	227,6	3,21	6,6%	193,1	2,63
53,3%	217,2	3,19	1,0%	188,8	2,55

### ***Discussion of the results of the anaerobic isokinetic swim bench test***

The descriptive statistics of both genders (Table 3.18 and Table 3.19) shows strong homogeneity in the sample in terms of height and weight (V% between 2.35% and 8.67%). The results of the isokinetic swim bench anaerobic test in girls and boys are relatively homogeneous with coefficients of variation between 7.92% and 14.36%. Similar to the other two anaerobic tests, the relative average power (RAP) in the specific test has a lower coefficient of variation than the absolute average power (AP) in both sexes, which is probably a result of the removed variation due to the difference in weight in the absolute indicators. The stroke length indicator of the girls and boys are almost the same. The boys, on their part, demonstrate a higher stroke rate (56.9 vs. 49.7 spm).

The 50, 100 and 200 m freestyle achievements for both sexes are estimated from 503 to 572 points on the FINA table and have a very low coefficient of variation (2.61% to 5.14%). This shows a strong uniformity in the sample and in terms of the swimming performance of the competitors, similar to the swimming

results obtained in the other two anaerobic tests. The achievements in 50, 100 and 200 m freestyle of the girls are slower 1.15, 1.16 and 1.14 times respectively of boys. This difference corresponds to 1.63 times higher absolute average power (AP) of boys compared to that of girls, given that the required power in swimming increases with the third degree ( $\sqrt[3]{1.63} = 1.18$ ).

From the correlation analysis (Table 3.20 and Table 3.21) for both genders, the highest significant correlation between age, height and weight are that between height and weight  $r = 0.758$  ( $p < 0.018$ ) for girls and  $r = 0.751$  ( $p < 0.001$ ) for boys. In girls, growth correlated significantly with the stroke length, whereas in boys no correlation was observed between these two indicators. Only boys have a significant correlation between the length and rate of swimming strokes. In girls and boys, significant-high correlations between absolute and relative average power were observed. Both sexes have high internal correlations between swimming results. Age, height, and weight in girls and boys correlate significantly with the results of the 50 m freestyle. According to the anaerobic test, the highest correlation with the sports achievements of 50 m freestyle, in both sexes, is the average power (AP). In girls, the correlation coefficient was 0.827 ( $p < 0.006$ ) and in boys 0.795 ( $p < 0.001$ ). The correlation coefficients between women and men did not differ significantly ( $p = 0.843$ ). As the increase in power is also associated with an increase in the age of the competitors, it is possible the improvement of the technical skills of older athletes to determine the more efficient use of anaerobic power in swimming. For this, the partial correlation coefficients between the swimming achievement of 50 m freestyle and average power, controlled for age, were calculated. The following correlation coefficients  $r = -0.656$  ( $p < 0.049$ ) for girls and  $r = -0.588$  ( $p < 0.008$ ) for boys were obtained. This shows some positive effects on age in both sexes. Relative average power (RAP), like the other tests, has a lower correlation with swimming achievement in both genders.

Only girls have a significant negative correlation between swimming achievement and stroke length, which is due to the positive effect of greater stroke length on swimming speed. In boys, a significant negative correlation was found between stroke frequency and length, which is due to the regular decrease in length as the stroke frequency increases.

In girls, there is a residual reliable correlation between relative power (RAP) and weight, which shows a more complex relationship between RAP and athlete weight. In boys, relative power (RAP) is not significantly correlated with weight, since its influence is largely eliminated in the calculation of RAP.

The sources described in the literature review treating the relationship between swimming performance and the results of specific swim simulator tests (Johnson et al., 1993; Costill et al., 1986; Sharp et al., 1982; Sharp, 1986; Reilly & Bayley, 1988 Takahashi 1992), show large differences in both the design of the



used devices and the parameters tested. This makes it very difficult to compare the findings of these sources with those of the present study. For example, Johnson et al. (1993) examined 29 male swimmers using a biokinetic swim bench. But they use as a criterion the biomimetic performance at 3 maximum strokes and find a high correlation with 25 yards ( $r = 0.74$ ).

The absolute and relative average power in girls shows significant correlations only with the achievement of 50 m freestyle. A reliable correlation of AP and RAP in boys was observed with both 50 and 100 m. The lack of a reliable correlation with the achievement of 100 and 200 m in girls and 200 m in adolescents is most likely due to the small samples and an increasing time to swim the larger distances which significantly exceeding the duration of the test. Both genders reported lower correlations of sport achievement with RAP.

After performing a linear stepwise regression analysis of the effect of the indicators of isokinetic anaerobic swim bench test on the 50 m freestyle in both sexes, like the other 2 anaerobic tests, the only argument in the regression equation remained the average power (AP).

No competitors were observed whose achievements in the 50 m freestyle would correspond to points above the predictive regression lines (beyond the 90% predictive interval - Figure 3.9 and Figure 3.10). Unlike the Wingate anaerobic test, the technique in the isokinetic swim bench test is similar to the freestyle. Probably for this reason, there is no major discrepancy between the measured average power of an isokinetic swim bench and swimming performance in this study. Results above the predictive interval in future testing may be due to the low power of the lower limbs and / or wrong front crawl coordination.

It is observed only in one competitor whose achievements of 50 m freestyle lie significantly below the predictive regression lines (Figure 3.10). This difference shows better swimming achievement than predicted for the respective realized power of an isokinetic. As the techniques of the two loads (swimming and isokinetic swim bench test) are close, this observation can be explained by the very high lower body power that is important to the result in the sprint disciplines and/or more streamlined body position, better overall freestyle coordination in the water and other factors of swimming achievement that are not the subject of this study. As in comparing the results of Wingate's anaerobic tests for the lower and upper body, we also see the need for a complex analysis of the results of more than one anaerobic test.

Anaerobic performance as measured by the anaerobic isokinetic swim bench test, as well as in Wingate's lower and upper body tests, increases with age. Similar results are observed by other authors. The uneven increase in girl power (Figure 3.11) may be due to the small number of cases and the transversal nature of the study.

The reported average power (AP) percentile estimates of the anaerobic isokinetic swim bench test for boys (Table 3.22) are for guidance only. In the future, it is necessary to refine these perceptual estimates based on a larger number of cases and extend them to all other age groups.

### **Ratios and correlations between the results of the three anaerobic laboratory tests**

In order to analyze the ratios and correlations between the indicators of the three anaerobic tests performed, only the results of competitors who completed all three tests within two weeks were taken. Out of 98 competitors tested, only 26 of them (8 girls and 18 adolescents) met this condition.

Table 3.23 presents the mean results of the girls and boys who performed the three anaerobic tests within two weeks. The absolute and relative peak power of the lower body of the Wingate test in girls is  $1.90 \pm 0.39$  times greater than that recorded in the Wingate test for the upper body. In adolescents, the absolute and relative peak power of the lower body of the Wingate test is  $1.51 \pm 0.25$  times greater than that registered for the upper body and it is significantly less than the same for the girls ( $p < 0.001$ ).

The absolute and relative average power of the Wingate anaerobic test for the lower body in girls was  $1.97 \pm 0.34$  times greater than that recorded for the Wingate anaerobic upper body test. The absolute and relative average power of boys was  $1.60 \pm 0.14$  times higher in the lower body test compared to the upper body test.

The absolute and relative average power of the isokinetic anaerobic swim bench test is the lowest of the three tests. The average power of the girls in this test was  $1.62 \pm 0.25$  times lower than that calculated in the Wingate upper body test. The absolute and relative average power of boys in the isokinetic swim bench test is  $1.78 \pm 0.18$  times lower than that of the upper body Wingate test, with no significant differences between the sexes.

In both genders, the absolute and relative average power of the Wingate anaerobic upper body test is higher than that of the isokinetic swim bench test. This is due to the fact that the operation of a hand ergometer is more efficient than that of an isokinetic, due to the synergistic action of the hands when rotating the handles of the hand ergometer. In this case, during one half-turn, the left hand pushes one handle, while at the same time the right hand pulls the other handle, and during the other half-turn, the opposite occurs. In contrast, when operating with an isokinetic swim bench, while one arm generates power in the pulling phases, the other arm does not generate one when it returns to its initial position.

**Table 3.23**

*Mean values of absolute and relative power indicators from the three anaerobic tests in girls and boys.*

	Women ♀			Men ♂		
	Wingate lower body	Wingate upper body	Isokinetic Biometer	Wingate lower body	Wingate upper body	Isokinetic Biometer
PP	533.2	290.4	-	792.7	544.1	-
RPP	9.08	4.94	-	11.55	7.78	-
AP	407.9	211.7	131.8	589.9	374.0	210.7
RPP	6.96	3.60	2.24	8.58	5.36	3.03

Table 3.24 and Table 3.25 summarize the results of the correlation analysis between the average power of the three anaerobic tests and the 50 m freestyle swimming achievement in girls and boys, respectively.

There is a high correlation between the average power of the three anaerobic tests and between them and sports performance for girls (Table 3.24). None of the correlation coefficients differ statistically significantly from the others, probably due to the small number of cases.

**Table 3.24**

*Correlation analysis of average power indicators (AP) of the three anaerobic tests and the 50 m freestyle swimming achievement in girls.*

Women ♀		Isokinetic Biometer	Wingate upper body	Wingate lower body	50 m
Isokinetic Biometer	corr. sig.	1.000			
Wingate upper body	corr. sig.	<b>0.738</b> <b>0.037</b>	1.000		
Wingate lower body	corr. sig.	<b>0.819</b> <b>0.013</b>	<b>0.750</b> <b>0.032</b>	1.000	
50 m	corr. sig.	<b>-0.850</b> <b>0.007</b>	<b>-0.716</b> <b>0.046</b>	<b>-0.687</b> <b>0.060</b>	1.000

A correlation between the average power of the three anaerobic tests, and between them and swimming achievements are also observed for boys (Table 3.25). There are no significant differences between any two correlation coefficients, also due to the small number of cases.

**Table 3.25**

*Correlation analysis of average power indicators (AP) of the three anaerobic tests and the 50 m freestyle swimming achievement in boys.*

Men ♂		Isokinetic Biometer	Wingate upper body	Wingate lower body	50 m
Isokinetic Biometer	corr. sig.	1.000			
Wingate upper body	corr. sig.	<b>0.813</b> <b>0.000</b>	1.000		
Wingate lower body	corr. sig.	<b>0.745</b> <b>0.000</b>	<b>0.876</b> <b>0.000</b>	1.000	
50 m	corr. sig.	<b>-0.779</b> <b>0.000</b>	<b>-0.867</b> <b>0.000</b>	<b>-0.816</b> <b>0.000</b>	1.000

In both genders, the observed high correlation coefficients between average power from different tests on one hand and average power and athletic achievement on the other show that in most swimmers the non-specific anaerobic power of the lower body and the specific and non-specific anaerobic power of the upper body are developed in certain proportions and played a important role in determining the achievements in the sprint disciplines in swimming.

In the monitoring in swimming, of interest are athletes with low anaerobic performance percentile assessments, as well as those whose results deviate significantly from those predicted by the regression analyzes.

Interpretation of the results of the different anaerobic tests shows that their use in complex provides possibilities to make better recommendations for optimizing the training of the tested competitors. In the course of the dissertation, specific examples were shown to illustrate this conclusion.

In the next chapter, "Complex Anaerobic Performance Assessment," is made an attempt to optimize the training by using the results of more than one anaerobic test and their evaluation.

### **Complex assessment of anaerobic performance**

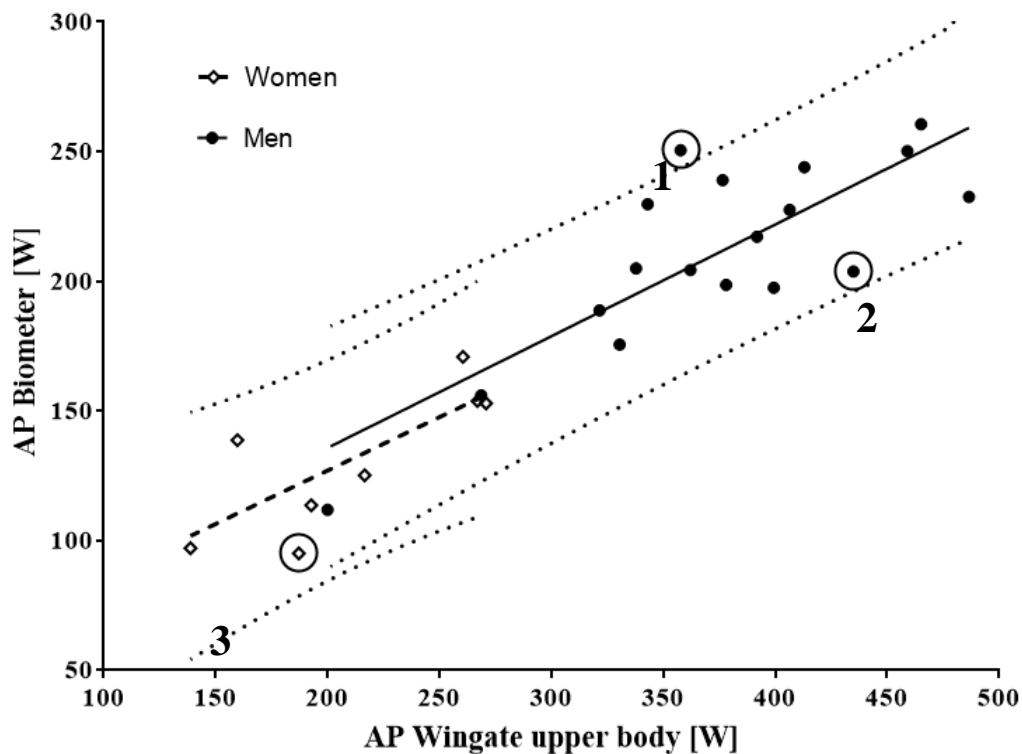
In analyzing the regression equations obtained from the anaerobic upper and lower body tests performed separately, several possible interpretations of the results were obtained. For this, a complex assessment of the anaerobic performance of the swimmers was made, which simultaneously included the results of the various tests. Multiple regression analysis was chosen as the most appropriate statistical method in implementing this approach.

### ***Complex analysis of the results of Wingate's anaerobic upper body test and an anaerobic isokinetic swim bench test***

In order to evaluate the impact of the use of upper-body anaerobic power on specific loads (swimming freestyle), complex evaluation of the results of the Wingate anaerobic upper body test and an anaerobic isokinetic swim bench test was performed. A correlation analysis between the average power of these two tests was already presented where the same subjects were involved.

Figure 3.13 shows graphically the results of the regression analyzes performed separately for girls and boys.

Figure 3.13 shows one swimmer (indicated in the figure with №1) that shows a much better average power of the isokinetic swim bench test than might be expected from the Wingate upper body test. For the purpose of the analysis, in addition to the results of this swimmer, the results of one more boy (indicated in the figure with №2) and one girl (indicated in the figure with №3) were also analyzed, which approach the lower 90% predictive interval. Table 3.26 presents the swim performance, results, and percentile estimates of the average Wingate upper body anaerobic test and the isokinetic swim bench test of the selected athletes.



**Figure 3.13** Graphical representation of the linear regression equations for the relationship between the average power of the Wingate anaerobic test and the isokinetic swim bench test for girls (dashed line) and boys (continuous line). Dotted lines indicate the 90% predictive interval, and the fenced points are analyzed in the text.

**Table 3.26**

*Swimming achievements, values, and percentile assessments (PCTL) of the average power of Wingate upper body anaerobic test and isokinetic swim bench test in girls and boys, subjected to analysis.*

№	Time 50 m [s]	AP Bio [W]	RAP Bio [W/kg]	AP upper body [W]	RAP upper body [W/kg]	AP lower body [W]	RAP lower body [W/kg]
№1	25.14	250.5	3.8	357.7	5.4	567.7	8.6
PCTL	-	93.3%	99.9%	33.3%	40.7%	34.2%	55.2%
№2	24.03	203.8	3.0	434.9	6.4	622.9	9.3
PCTL	-	33.3%	26.6%	81.4%	92.5%	68.4%	84.2%
№3	30.01	95.1	1.8	187.2	3.6	395.6	7.5
PCTL	-	-	-	25.0%	50.0%	87.5%	93.7%

Racer №1 uses much of the upper body anaerobic power (357.7 W) at a specific load on an isokinetic swim bench (250.5 W) or 70% at an average of 57% for the tested boys. His results from the swim bench test (AP Bio and RAP Bio) have high ratings (Table 3.26). This competitor has lower average power ratings (AP and RAP) than non-specific Wingate lower and upper body tests (Table 3.26). In order to improve the performance of this athlete, it may be recommended to increase the anaerobic power of the lower body by nonspecific and specific methods.

Racer №2 uses a small part of the upper body anaerobic power at a specific load on an isokinetic swim bench- 47%, compared to 57% on average for boys. His results from the isokinetic swim bench test (AP Bio and RAP Bio) have low percentile ratings (Table 3.26). This competitor has significantly higher average percentile ratings in the Wingate's upper and lower body tests. Although this athlete has high anaerobic power, he cannot apply it to specific loads (freestyle swimming). This competitor needs to evaluate the freestyle technique and improve the anaerobic power of specific muscle groups. This can be achieved through video analysis and additional system-specific, specific loads of swim bench and land-based elastic bands and using different equipment for increasing the resistance in water (pedals, parachutes, etc.)

Competitor №3, like competitor # 2, uses a small portion of the upper body anaerobic power at a specific load on an isokinetic swim bench - 51%, compared to 64% on average for girls. This swimmer has higher than average Wingate lower body percentile assessments and average (RAP) and below-average (AP) percentile assessments for the upper body test. For this competitor, it is recommended to improve the specific and non-specific anaerobic power of the upper body.

***Complex analysis of the results of Wingate's non-specific anaerobic tests for the lower and upper body***

A complex analysis of the results of the two non-specific anaerobic Wingate tests for the lower and upper body was made based on the results of the swimmers who participated in both tests within two weeks. Out of 98 competitors tested, 42 of them (12 girls and 30 adolescents) met this condition.

Multiple regression analysis was performed, where the achievement of the 50 m freestyle was defined as the dependent variable and the average power obtained from the Wingate tests on the lower and upper body as independent variables. As a result, the following regression equations were obtained:

- For girls:

$$T_{50} = 33.381 - 0.014 * AP_{upper} - 0.005 * AP_{lower} \quad (r = 0.804; p < 0.009)$$

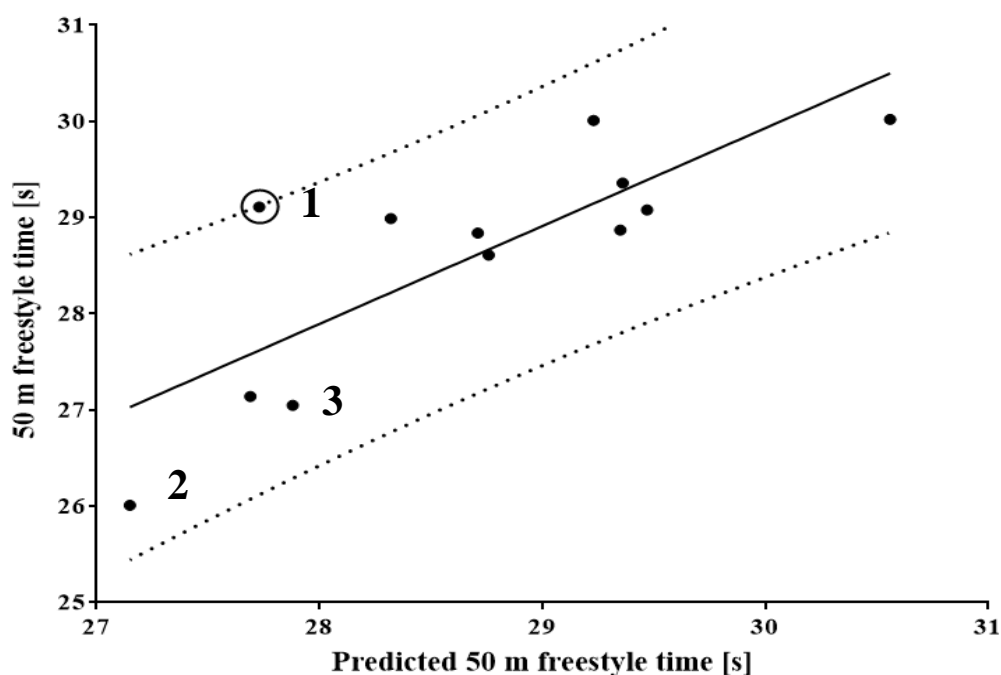
- For boys:

$$T_{50} = 31.353 - 0.012 * AP_{upper} - 0.002 * AP_{lower} \quad (r = 0.778; p < 0.001)$$

, where the  $T_{50}$  is the estimated 50 m freestyle,  $AP_{upper}$  is the average upper body test power, and  $AP_{lower}$  is the average lower body test power.

Comparing the coefficients before the independent variables in the multiple regression equations, we can see that the power of the upper body is approximately 3 to 6 times greater (larger coefficients) than that of the lower body (small coefficients). Although the power of the lower body is greater to that of the upper body - 407.9 vs. 211.7 (1.93 times) in women and 589.9 vs. 374.0 (1.58 times) in men (Table 3.23), the difference in coefficients is larger, which determines, in general, the greater role of the upper body in swimming.

Figure 3.14 and Figure 3.15 show the correlations between the real 50 m freestyle achievements and those predicted by the multiple regression models, based on the mean upper and lower body power of girls and boys, respectively.



**Figure 3.14** Relationship between the 50m freestyle athletic performance and the performance predicted by the multiple regression model, based on the average upper and lower body power of the girls. Dotted lines indicate the 90% predictive interval and points that extend beyond it are fenced by a circle.

Figure 3.14 shows a competitor (marked in the figure with №1) whose predicted achievement of 50 m freestyle is significantly better than her actual achievement. For the purposes of the analysis, we will look at the test results of this competitor, as well as of the two others (indicated in the figure with №2 and №3), which perform much better than predicted by the multiple regression model achievements (Table 3.27).

**Table 3.27**

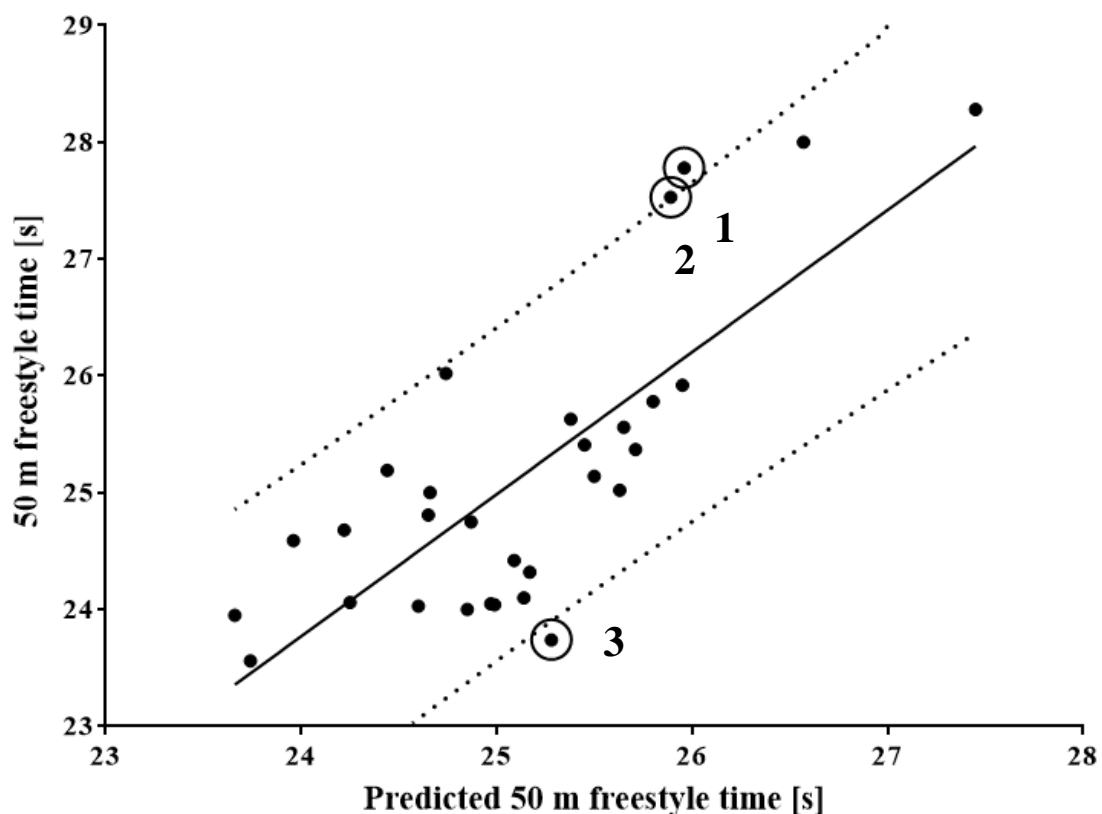
*Real and predicted swimming achievements, average power, and percentages of Wingate anaerobic lower and upper body anaerobic tests in adolescent girls subject to detailed analysis*

№	Time 50 m [s]	Predicted time 50 m [s]	AP upper body [W]	RAP upper body [W/kg]	AP lower body [W]	RAP lower body [W/kg]
№1	29.11	27.73	270.8	4.4	460.0	7.5
PCTL	-	-	87.5%	87.5%	62.4%	62.5%
№2	26.01	27.15	296.8	4.5	461.3	8.1
PCTL	-	-	99.9%	99.9%	62.5%	99.9%
№3	27.05	27.88	260.5	4.2	504.2	7.3
PCTL	-	-	75.0%	75.0%	87.5%	43.7%



In competitor №1 of Table 3.27, the achievement of the 50 m freestyle was lower than predicted by the regression model. Considering the relatively high percentile rating of the Wingate lower and upper body tests average power, it can be argued that this athlete cannot effectively use her good anaerobic performance in freestyle swimming. It cannot be expected that the further development of anaerobic power of the upper and lower body in this swimmer will lead to significant progress in athletic achievement. In order to improve the performance of this athlete, a thorough biomechanical analysis may be recommended in order to significantly correct the swimming technique.

The other two competitors (№1 and №2) have better 50 m freestyle achievements than predicted on the basis of anaerobic tests and can be said to have a more effective than the average swimming technique. Despite the reported high anaerobic power, additional methods can be applied to improve it further. Taking into account the percentiles assessments, the training of competitor №2 should focus primarily on the development of anaerobic power of the lower body, and in competitor №3, the anaerobic power of the upper body should be prioritized. Such analysis can also be done for other swimmers who do not fall outside the 90% predictive interval, but differ significantly from the predicted values and are the focus of the coaches' attention.



**Figure 3.15** Relationship between the 50m freestyle athletic performance and the performance predicted by the multiple regression model, based on the average upper and lower body power of the boys. Dotted lines indicate the 90% predictive interval and points that extend beyond it are fenced by a circle.

Figure 3.15 shows two competitors (designated with №1 and №2) whose 50m freestyle racing performance is significantly lower than predicted based on the multiple regression model. One swimmer (designated with №3) has swimming achievement better than predicted. The results of the anaerobic tests of these three athletes were shown for the purpose of analysis (Table 3.28).

Competitor's №1 and №2 are less successful at 50 m freestyle than predicted in the regression model. These athletes have very low percentile scores, and even in this case cannot achieve the predicted swimming performance based on their low average power from anaerobic tests. They also have less effective than the average swimming technique. It is imperative for these athletes to work for improving the technique significantly, and only after reaching tangible results, to continue in the direction of improving the anaerobic power of the upper and lower body.

Competitor №3 performs better than it is predicted by the regression model. Therefore his swimming technique has to be better than the average one. On the other hand, the percentile scores show that the realized average power is lower than the average for adolescents. Therefore, to improve his swimming performance, preparation should focus on the development of anaerobic power in the lower and upper body.

**Table 3.28**

*Real and predicted swimming achievements, average power, and percentages of Wingate anaerobic lower and upper body anaerobic tests in adolescent boys subject to detailed analysis*

№	Time 50 m [s]	Predicted time 50 m [s]	AP upper body [W]	RAP upper body [W/kg]	AP lower body [W]	RAP lower body [W/kg]
№1	27.78	25.96	319.7	5.0	521.7	8.3
PCTL	-	-	11.1%	25.9	18.4%	34.2%
№2	27.53	25.89	323.7	5.2	547.4	8.8
PCTL	-	-	18.5%	33.3%	21.0%	65.7%
№3	23.74	25.28	376.5	5.6	582.0	8.8
PCTL	-	-	40.7%	48.1%	42.1%	65.7%

## **Conclusion**

The measurement and evaluation of anaerobic power of the upper and lower body of swimmers in laboratory provide valuable information on the directions of future training. The results of the individual tests, analyzed individually, do not give clear answers about the state of anaerobic systems in swimmers. In swimming, the importance of anaerobic power of the upper body, in freestyle, is significantly greater than that of the lower body because of the greater contribution to overall speed. Computerized devices such as the Biometer isokinetic swim bench provide essential information on the specific anaerobic performance of the upper limbs and its effectiveness. A complex analysis of the anaerobic performance of swimmers meets to the greatest extent the requirements set for monitoring in swimming, which are specific conclusions about guidelines for improving the end result. On the basis of these findings, we can state that the working hypothesis is proved.

# **CONCLUSIONS, RECOMMENDATIONS AND CONTRIBUTIONS**

## **Conclusions**

1. The results of the study proved that there were high reliable correlations between the anaerobic performance measured by the three anaerobic tests and the 50m freestyle achievements.
2. In all three anaerobic tests, the highest correlated indicator with the swimmer's performance was the average power (AP) (from  $r = 0.581$  to  $r = 0.947$ ).
3. The calculated age group percentiles for the most informative indicators of the anaerobic tests can effectively assist coaches in determining the degree of anaerobic power development in athletes of both genders.
4. There are significantly high correlations between the anaerobic performance indicators measured in the three anaerobic laboratory tests (from  $r = 0.738$  to  $r = 0.876$ ).
5. A complex analysis of the anaerobic performance based on the results of a more than one anaerobic laboratory tests can support the management of the training process.

## **Recommendations**

1. Methods for complex assessment of anaerobic performance must find a permanent place in the system of monitoring of sports training for elite swimmers.
2. A systematic longitudinal follow-up of anaerobic performance indicators for elite swimmers in Bulgaria is needed in order to constantly update and refine the percentiles assessments across age groups, different distances, and swimming styles.
3. Periodic updating of the multiple regression equations used in the complex analysis of anaerobic performance is required.
4. Isokinetic swim bench should be used for the purposes of ongoing and continuous monitoring of sports training, in addition to its training purposes.

## **Contributions**

1. Non-specific anaerobic performance of the upper and lower body was studied and evaluated in a large number of elite swimmers.
2. Anaerobic performance testing with an isokinetic swim bench in elite swimmers has been done
3. Age-related estimates of anaerobic performance indicators from various laboratory tests in adolescent girls and boys swimmers have been presented.
4. A model of complex anaerobic performance assessment based on the results of various laboratory anaerobic tests in swimmers has been proposed.

**Publications:**

1. Kachaunov, M. 2017. Development of speed capabilities of teenage swimmers through specific means for anaerobic latic endurance. Challenges and Perspectives for the Sports Science., volume 1, pp. 159-166. ISSN 978-954-718-457-2 (print)
2. Kachaunov, M., L. Petrov. 2019. “Biometer isokinetic trainer” as a device for performing race pace training sets. Annual of National Sports Academy, volume 2, Sofia, pp. 109-114. ISSN 2682-9908 (print)