

Катедра „Теория и методика на физическото възпитание“

**Александър Георгиев Марков**

---

**ВЛИЯНИЕ НА ТРЕНИРОВЪЧНИТЕ ЗАНИМАНИЯ ОТ  
СПОРТНАТА ГИМНАСТИКА ВЪРХУ  
ФУНКЦИОНАЛНИТЕ ПОКАЗАТЕЛИ И СПОРТНО-  
ТЕХНИЧЕСКИТЕ УМЕНИЯ НА ГИМНАСТИЦИ И  
ГИМНАСТИЧКИ**

---

**АВТОРЕФЕРАТ**

на дисертационен труд за придобиване на образователна и научна  
степен „Доктор“  
докторска програма „Теория и методика на физическото възпитание  
и спорта“  
**направление 1.3 Педагогика на обучението по .....**

**Научен ръководител:**

доц. Ирина Димитрова Петкова – Нешева, доктор

Благоевград, 2023



Катедра „Теория и методика на физическото възпитание“

**Александър Георгиев Марков**

---

**ВЛИЯНИЕ НА ТРЕНИРОВЪЧНИТЕ ЗАНИМАНИЯ ОТ  
СПОРТНАТА ГИМНАСТИКА ВЪРХУ  
ФУНКЦИОНАЛНИТЕ ПОКАЗАТЕЛИ И СПОРТНО-  
ТЕХНИЧЕСКИТЕ УМЕНИЯ НА ГИМНАСТИЦИ И  
ГИМНАСТИЧКИ**

---

**А В Т О Р Е Ф Е Р А Т**

на дисертационен труд за придобиване на образователна и научна  
степен „Доктор“  
докторска програма „Теория и методика на физическото възпитание  
и спорта“  
**направление 1.3 Педагогика на обучението по .....**

Научен ръководител:  
доц. Ирина Димитрова Петкова – Нешева, доктор

Рецензенти:  
доц. Кремка Петрова, доктор  
проф. Бистра Димитрова, дн

**Благоевград, 2023**

Дисертационният труд „Влияние на тренировъчните занимания от спортната гимнастика върху функционалните показатели и спортно-технически умения на гимнастици и гимнастички“ съдържа 133 стандартни машинописни страници.

Структуриран с: увод, основен текст в три глави, четвърта – изводи, препоръки, научни приноси за теорията и практиката, списък на използваната литература, списък на научните публикации, свързани с труда и 4 приложения (от които едното е на електронен носител). Основният текст е изключително добре онагледен с 26 таблици и 30 фигури.

Цитирани са 214 литературни източника, от които 201 на латиница и 13 на кирилица.

Дисертационният труд е обсъден на заседание на катедрен съвет на Катедрата по ТМФВ, Югозападен университет – Благоевград, проведено на 28.02.2023г.

### **НАУЧНО ЖУРИ:**

1. доц. Кремка Петрова, доктор
2. проф. Бистра Димитрова дн
3. проф. Цанко Цанков, доктор
4. проф. Атанас Георгиев, доктор
5. доц. Даниела Томова, доктор
6. доц. Нели Танкушева, доктор
7. проф. Парис Паризов, дн

**Официалната защита на дисертационния труд ще се състои на 20.04.2023 г. от 13.30 ч. в зала № 412 в УК-1 на ЮЗУ „Неофит Рилски“ – Благоевград на открито заседание на Научното жури.**

## УВОД

Бурното развитие на съвременния спорт, в частност на спортната гимнастика, предизвиква много треньори и специалисти да търсят нови подходи в практиката насочвайки усилията си към усъвършенстване на управлението на тренировъчния процес. Широкото навлизане и използване на видеотехниката и дигитализацията в спорта, прилагането на голям набор от специфични за дадения спорт тестове допринася за развиването на различни закономерности и възможности за намиране на нови, по-ефективни модели и методики в тренировъчния процес.

Съвременната интензификация и развитие на спортната гимнастика изисква непрекъснато усъвършенстване както на тренировъчните средства за въздействие, така и на различни тестове за контрол на тяхната ефективност. Спортната дейност в гимнастиката изисква, комплексно проявление на всичките физически качества с акцент най-вече на сила, гъвкавост и издръжливост. Това може да се постигне чрез целенасочени въздействия, съобразени с възможностите на състезателите (мъже и жени), с принципна последователност и логическа взаимовръзка между параметрите на тренировъчното натоварване.

Много автори съобщават, че съвременната артистична гимнастика изисква по-голяма сила и мощ поради постоянно нарастващите технически трудности, изисквани при преразглеждане на Международен съдийски правилник на Международната федерация по гимнастика (Fédération Internationale de Gymnastique (FIG), 2009; Brooks, 2003; French, et al., 2004). FIG, международният управителен орган, преглежда и актуализира правилника на съдийството на всеки четири години. Следователно изискванията отправени към гимнастиците непрекъснато се променят, за да отговарят на акселерацията на съвременното подрастващо поколение (милениалите – родените след 2000 година). През 70-те години правилникът има само три нива на трудност: А, В и С. През 2009 г. правилникът показва не само увеличение на броя на техническите умения, но и осем нива на трудност: от А до G. Упражненията, които включват **Е**, **Ф** и **Г**, имат по-високи начални стойност и трудност на съчетанията, от първите **А**, **В**, **С**. През 2020 г. е добавено още едно ниво на трудност **Н**. Гимнастиците се насърчават от ранна възраст да усвояват по-трудни елементи, за да осигурят по-висока начална стойност, която води до по-висок резултат, за да достигнат най-високите нива на високо спортно майсторство в тийнейджърска възраст. Това предполага, че съвременните артистични гимнастици трябва да развият своя анаеробен метаболизъм в ранна възраст, за да представят своя потенциал и възможности на най-високите нива в техническо отношение. В днешно време е обичайно да се наблюдават двугодишни деца в

програма за начално обучение по гимнастика, обикновено са необходими около 10 години тренировъчно–състезателен процес, за да се достигне елитното ниво.

Внедряването на научния подход е необходимо и за подобряване квалификацията на треньорите по спортна гимнастика за повдигане нивото на обучение в тренировъчния и спортно-състезателния процес.

В настоящия труд е направен опит аналитично да се изучат, обобщят, систематизират и обективно да се оценят закономерностите на тестовите изследвания с помощта на адекватни, съвременни научни методи, отнасящи се до физиологията, обучението и тренировката, и на тази база да се подпомогне процесът на последващото развитие на спортно-техническите умения на мъже и жени в спортната гимнастика.

На базата на направения литературен преглед и наличната информационна основа относно спортно-транировъчния процес на българските гимнастици, определихме основните аспекти в настоящата разработка. Проведените досега изследвания в областта на спортната гимнастика обикновено включват доста широк спектър от възрасти. Тъй като това е индивидуален спорт, повечето страни не разполагат с представителни отбори в определена възраст. Често пъти в клубовете по спортна гимнастика в България, особено в по-малките градове, какъвто е Благоевград, не разполагат с голям брой състезатели в съответната възрастова група.

***Основната цел на настоящия дисертационен труд*** е насочена към проследяване влиянието на тренировъчните занимания от спортната гимнастика върху функционалните показатели и спортно-техническите умения на гимнастици и гимнастички в период от 18 месеца. През този период гимнастиците провеждат тренировки в зала и в домашни условия (6 месеца), поради наложения пълнен локдаун, породени от COVID-19. Тази извънредна ситуация постави пред треньорите и състезателите изпитание и търсене на нови подходи и предизвикателства от треньорския екип. Екипът за кратко време взе решение, реагира адекватно и своевременно в създалата се ситуация и предложи на гимнастици си алтернативна методика на тренировките в зала. Изготви се тренировъчен план за всички трениращи гимнастици, като контролът се осъществяваше своевременно с помощта на съвременните информационни средства.

За проследяване на функционалните показатели на изследователския контингент гимнастици бяха приложени в теренни условия (зала) различни методи, включващи антропометрични измервания, определяне на соматотип, Уингейт и Сържант тестове за определяне на анаеробния капацитет, както и проследяване на сърдечна честота по време на тренировка. Проследени бяха и концентрациите на глюкоза и лактат след анаеробния капацитет и Уингейт тест.

За проследяване ефективността на приложените тренировки в домашни условия (в рамките на 6 месеца) се приложиха технически и физически тестове.

Епизодичните научни данни за сърдечна честота по време на тренировка бяха информативни и базисни, което провокира нашето изследване и ни насочи към проследяването на този показател по време на тренировъчен процес. Това дава възможност да се анализира интензивността на тренировката, което ще подпомогне треньорите за нейната модификация с цел постигане на по-добра ефективност в спортно-тенировъчния процес. Това също така дава възможност за индивидуален подход към всеки един гимнастик, в зависимост от неговия индивидуален сърдечен отговор към съответния вид тренировъчно натоварване.

Установи се, че техническите качества на гимнастиците се нарушават от това прекъсване в тренировъчния график. Липсата на тренировки в зала не е в услуга за развитието на техническите умения, въпреки наблюденията върху гимнастиците, че ги запазват за определен период от време. За поддържане на висока спортна форма и правилно развитие на гимнастиците, тренировките в зала са от решаващо значение.

Дисертационният труд представя опит за целенасочени изследвания на функционални показатели на гимнастици в зала за 18 месечен период. С основание може да се твърди, че тази авторска разработка има иновативен подход, единствена за България, която акцентира върху резултати от важни физиологични изследвания, също върху специфични методики приложени в теренни и домашни условия и засяга аспекти в спортно-техническите умения при гимнастици. Това показва, че проследявайки тези параметри треньорът може да получи обратна връзка с ценна информация за влиянието на тренировката върху развитието на гимнастиците. Получените резултати могат да насочат треньора към промени в тренировъчния график, в тренировъчните натоварвания както на всички гимнастици, така и на всеки един по отделно. Подобен род изследвания са насочени към индивидуалния подход тренировъчно натоварване с цел повишаване на определени показатели, подобряване на определени качества и не на последно място правилно бързо възстановяване.

## ГЛАВА ПЪРВА. ПОСТАНОВКА НА ПРОБЛЕМА

### Актуалност на темата

Актуалността на темата в дисертационния труд е свързана с установяване влиянието на тренировъчните натоварвания от спортната гимнастика в зала и в домашни условия върху функционалния резерв и спортно-техническите качества, умения и компетенции на състезатели по гимнастика.

Изучаването на енергетичното осигуряване на организма чрез различни тестови батерии по направления в тренировъчни и състезателни условия е от изключително важно значение, тъй като за постигане на високи спортни резултати в гимнастиката съществена роля играят както високото развитие на двигателните качества, така и съотношението на аеробното и анаеробното енергоосигуряване в спортно-тренировъчния процес.

**В ГЛАВА ПЪРВА** се прави теоретичен обзор на общата характеристика и енергетика на спортната гимнастика. Засягат се въпроси относно аеробен, анаеробен метаболизъм – метаболитни прагове, мощност на гимнастици. Теоретично се анализират особеностите в състава на тялото на гимнастички сравнено със спортистки по артистично плуване, анализират се енергийните разходи, сърдечната реакция при изпълнение на гимнастически упражнения и измерването на лактат в кръвта. Разглеждат се ефектите на тренировката и състезанието (обем, интензивност), също основните характеристики на тренировъчното натоварване като учени доказват, съществуването "...на критична зона на усилие, която се определя като най-ефективна и близка до условията на работа в състезателна среда..." (Dimitrova В.,2013), принципите и специфичните физически, технически и физиологични оценки при гимнастиците.

В *обобщение* световната забрана, свързана с (COVID-19) през 2020г. рязко промени не само спортния сектор, но и нагласите на спортуващи, състезатели и техните родители – историческо време за осъзнаване значението на факторите за здравния статус на подрастващото поколение и младите хора, за развиването на спорта като цяло и в частност на спортната гимнастика.



Убедени сме, че изясняването на въпросите чрез емпиричните изследвания в дисертационния труд ще доведе до избор, подбор и прилагане на най-добрите практики в тренировъчния процес в годишен аспект за спортни постижения и максимална реализация в състезателни условия. Предполагаме, че под влияние на целенасочени тренировъчни занимания в зала е възможно да се развият отлични спортно-техническите качества на гимнастиците, а също така е възможно реализиране на спортно-тенировъчния процес в условия, различни от присъствени теренни тренировки чрез прилагането на иновативен подход към заниманията в домашни условия по установен график при въвеждане на локдаун. Основание за това ни дава анализирането на данните за показателите, получени от тестовете за анаеробен капацитет, от измерените стойности на сърдечна честота по време на натоварване, концентрацията на лактат в кръвта след максимално натоварване, както и данните за телесен състав и соматотип на гимнастици, всички данни, анализирани в Глава I.

### **Работна хипотеза**

**Основната изследователска теза** на дисертационния труд се базира на положителните нагласи за устойчивия характер свързан с профила на подготовка на гимнастиците, който се утвърждава с неизменими принципи, съдържание на тренировъчното натоварване, утвърдени традиции и програми. От анализа на информационните източници и въз основа на опита на най-добрите специалисти (чужди и наши) стигнахме до становището, че изследванията по въпросите за влияние на тренировъчните занимания по спортна гимнастика върху функционалния резерв и спортно-техническите умения на гимнастиците (мъже и жени) са информативни и многообразни.

В дисертационния труд е подчертан иновативен подход – опит за авторски модел базиран на емпиричния опит на изследователи, относно физиологичен и технически тестови апарат.

*Прилагането в практиката на иновативен авторски модел в гимнастическа зала и в домашни условия, повлиява успешно физическите качества и спортно-техническите умения на гимнастици и гимнастички.*

## ГЛАВА ВТОРА. ЦЕЛ, ЗАДАЧИ, ОРГАНИЗАЦИЯ И МЕТОДИКА НА ИЗСЛЕДВАНЕТО

### Същност на изследването

Настоящият дисертационен труд проследява промените в растежа и развитието, както и функционалните възможности на подрастващи гимнастици и гимнастички в период от 18 месеца, като целта е да се оцени влиянието на тренировката. Основните данни, които ще ни ръководят са показателите, получени от тестовете за анаеробен капацитет, от стойностите на сърдечна честота по време на натоварване, концентрацията на лактат в кръвта след максимално натоварване, както и данните за телесен състав и соматотип. Периодът на изследването беше критичен, тъй като света попадна в извънредна епидемична ситуация, която се отрази на всички жизнени дейности, включително и спорта. Невъзможността в определени периоди да се провежда нормална тренировъчна дейност, наложи прилагането на иновативен подход към тренировките, като се въведе домашни тренировки по график. Въпреки известните проблеми изследването завърши с успех и бяха направени много заключения.

**ГЛАВА ВТОРА** включва обект, предмет, целта и задачите на изследване, обем, контингент, организацията, иновативен авторски модел, методика и методически инструментариум на изследването.

**Обект** на изследването е спортно-тренировъчния процес на гимнастици в зала и в условията на COVID-19 в период от 18 месеца.

**Предметът** на изследването са промените в морфо-функционални показатели на гимнастици.

**Целта** на изследването е да се докаже ефективността на разработен авторски модел от две програми в теренни и в домашни условия със средствата на тестови инструментариум, за подобряване на физическите и спортно-техническите умения на гимнастиците в спортната гимнастика.

С оглед постигането на целта и проверка на работната хипотеза емпиричното изследване е насочено към изпълнение на **конкретни задачи:**

- Да се обобщят и анализират голям обем от литературни и интернет източници по изследвания проблем;
- Да се измерят и проследят показателите на телесна маса и соматотип;
- Да се осъществят Уингейт и Сържант тестове;
- Да се осъществи мониторинг на сърдечната честота по време на тренировка;
- Да се осъществи сравнителен анализ на показатели анаеробната мощност, сърдечната честота, концентрацията на лактат в кръвта;
- Да се разработи и апробира в практиката иновативен подход за тестови инструментариум в зала и в домашни условия в контекста на тренировъчния процес;
- Да се проследят промените в показателите върху функционалния профил на гимнастици и да се изведат характеристики за функционални възможности в условия на тренировката, свързани с провеждане на технически тестове;
- Да се изведат изводи на база на направените изследвания, оценки и да се направят препоръки за практиката.

**Обем** на изследването включва:

- Измерване антропометрични показатели и телесен състав;
- Определяне на соматотипния профил;
- Измерване на анаеробен капацитет;
- Измерване на взривната сила на долни крайници;
- Оценка на натоварването чрез определяне нивата на глюкозата и лактата в кръвта;
- Измерване динамиката на пулсовата честота;
- Влияние на тренировъчните натоварвания върху техническите умения при гимнастиците;

**Контингент** на изследването са 22-ма (момичета и момчета) състезатели по спортна гимнастика от ГСК „Пирин“, Благоевград, изследвани чрез тест-ретест по **594 идентификатори**.

В изследването участват гимнастици разполагаме контингент от ГСК „Пирин-2011, от различни възрастови групи. Диапазонът на възрастта на участниците е широк от 7 до 18 години в началото на изследването и съответно по ръстов показател от 120 до 170 cm, както следва: От 8-10 годишни момичета и момчета младша възраст, 10-12 момчета и момичета старша възраст, 12-14 годишни девойки младша и

14-16 девойки старша възраст, при момчетата юноши младша 12-14 и юноши старша от 14-16, на 17 г. младежи и 18 мъже, а при момичетата на 17 г. са кадетки, а 18 жени. Преди изследването участниците бяха помолени да се въздържат от физически натоварвания, храна и прием на течности. Всеки участник в изследването и неговите родители са запознати с целите и методите на изследването като подписват декларация за информирано съгласие (приложение 1а и 1б), а изследването е одобрено от комисията по етика на научните изследвания на ЮЗУ „Н. Рилски“ – Благоевград. Изследваните лица посещават три пъти в Центъра по функционални изследвания в спорта и кинезитерапия в същия университет, където са направени антропометрични измервания и са проведени всички тестове.

**Организацията** на изследването протича в четири етапа (фиг.1):



**Фигура 1 . Изследователски период – 18 месеца**

### **Иновативен авторски модел**

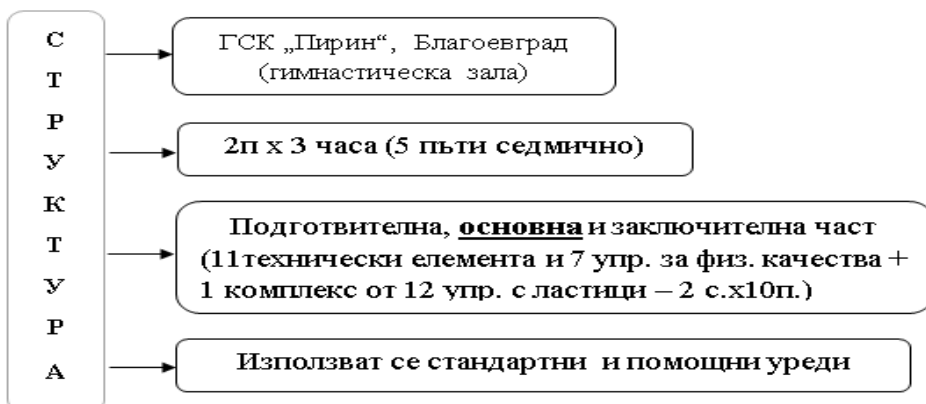
В дисертационния труд е подчертан иновативен подход – опит за авторски модел. Той включва две програми (фиг.2). Модифицирана програма в зала базирана на Единната програма на Хаджиев (1970 год.) е редуцирана, обогатена и адаптирана за двата пола – момчета и момичета, съобразно специализираната подготовка на състезателите, а програмата в домашни условия е изцяло авторска.



Фигура 2. Иновативен авторски модел

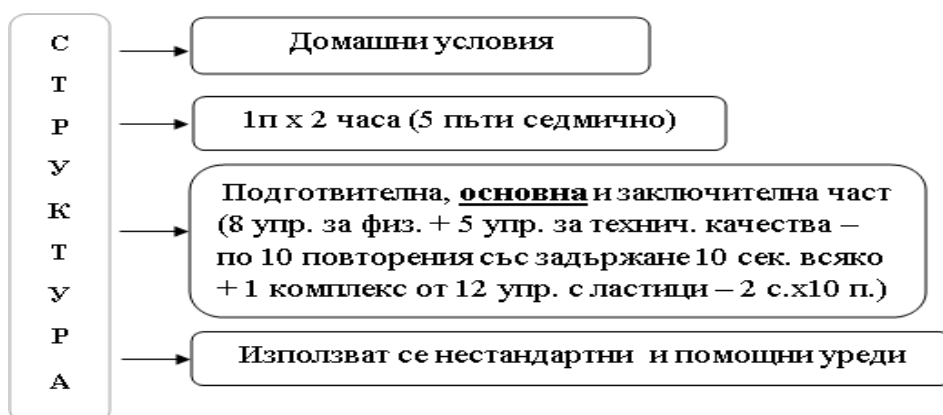
Структурите на двете програми са близки, но съдържателно – различни. Те обхващат компоненти специфични за условията на работа. Представени са на фигури 3 и 4.

### СТРУКТУРА НА ТРЕНИРОВЪЧНАТА ПРОГРАМА В ЗАЛА



Фигура 3. Структурна тренировъчна програма в зала

## СТРУКТУРА НА ТРЕНИРОВЪЧНАТА ПРОГРАМА В ДОМАШНИ УСЛОВИЯ



Фигура 4. Структурна тренировъчна програма в домашни условия

### ТРЕНИРОВЪЧЕН КОМПЛЕКС ОТ УПРАЖНЕНИЯ ЗА ФИЗИЧЕСКИ КАЧЕСТВА В ЗАЛА

1. Тилен лег скок дъга – 2x10п.
2. От изходно положение (и.п.) тилен лег, сгъване и разгъване в тазобедрени стави за коремна мускулатура – 2x10п.
  - 2.1. Задържане – 10 сек.
3. Люлки за коремна мускулатура с обтегнати крайници – 2x10п.
4. Упражнение за гръбна мускулатура от И.П лег – повдигане на горни и долни крайници едновременно – 2x10п.
  - 4.1. Задържане – 10 сек.
5. Свиване и обтягане на ръцете в опора – 2x20п.
6. Клек и подскок на два крака от място – 2x10п.
7. Планк – 60 сек. задържане.
8. От И.П тилна опора пренасяне на тежестта от лява към дясна ръка – 2x10п.
  - 8.1. Задържане – 10 сек.
9. Тилен лег, скок дъга подскок с обръщане на 180 градуса – 2x10п

### КОМПЛЕКС С ЛАСТИЦИ В ЗАЛА

Комплексът включва упражнения за сила на горни крайници. Има комбинирано въздействие и включва 12 упражнения две серии по 10 повторение за всяко упражнение. Кратка почивка между сериите – 3 мин.

1. И.П. тилен стоеж пред помощен уред – задни напречни кръгове – 2x10п ;
2. И.П. десен/ляв напад, ластици встрани – прибиране и отвеждане – 2x10п;
3. И.П. десен/ляв напад, ластици горе – свиване и обтягане за трицепс - 2x10п;
4. И.П. тилен стоеж, ластици назад – отвеждане и привеждане - 2x10п;
5. И.П. тилен стоеж, ластици долу – свиване и обтягане за бицепс - 2x10п;
6. И.П. стоеж, ластици долу напред – отвеждане и привеждане за трицепс - 2x10п;
7. И.П. разкراчен стоеж, ластици напред – отвеждане и привеждане встрани - 2x10п;
8. И.П. разкрачен водоравен наклон, ластици напред – привеждане и отвеждане ляво/дясно ръка между долни крайници - 2x10п;
9. И.П. водоравен наклон, ластици горе – привеждане и отвеждане;
10. И.П. водоравен наклон, ластици встрани – привеждане и отвеждане - 2x10п;
11. И.П. стоеж, ластици напред – свиване и обтягане на бицепс - 2x10п;
12. И.П. разкрачен стоеж, ластици долу – напред – повдигане и снемане - 2x10п.

*Демонстративното изпълнение на комплекс с ластици е представено на DVD диск.*

### **ТРЕНИРОВЪЧЕН КОМПЛЕКС ЗА ФИЗИЧЕСКИ КАЧЕСТВА В ДОМАШНИ УСЛОВИЯ**

1. Клек и вертикален скок – 1x10п.
2. От и.п. сгънат тилен лег, ръце напред пружиниране за коремна мускулатура – 1x20 бр.
  - 2.1. Задържане в положение сгънат тилен лег – 20 сек.
3. Упражнение за гръбна мускулатура – едновременно повдигане на торса и долните крайници – 1x20 сек.   **3.1.** Задържане – 20 сек.
4. Свиване и обтягане на ръцете в опора (с широк и тесен хват) – 2x40п.
5. Тилна лакътна опора – задържане 60 сек.
6. От стоеж, клякане с вертикален отскок от долните крайници -10 бр.
7. Ъгъл на 90° в опора – задържане 2x20 сек.

## ТРЕНИРОВЪЧЕН КОМПЛЕКС ОТ ТЕХНИЧЕСКИ УПРАЖНЕНИЯ В ДОМАШНИ УСЛОВИЯ С ПОМОЩ

1. Стойка – раменна стойка – 1x10п.
2. Задържане на махова стойка – 2x30 сек.
3. Силови стойки от ъгъл между два стола 1x7п.
  - 3.1 задържане на ъгъла 10 сек.
4. От и.п. ъгъл, остър ъгъл между два стол с помощ – 1x7п.
5. Силови стойки от външно разкрячен ъгъл върху един стол – 1x7п.
  - 5.1 задържане на стойката 10 сек.
6. От и.п. тилен ъгъл повдигане на торса до стойка – 1x5п.
7. Кълбо, до външно-разкрячен ъгъл, силова стойка до стойка – 1x5п

***Комплексът с ластии от 12 упражнения се прилага и в домашни условия – 2 пъти по 10 повторения за всяко упражнение.***

*В обобщение* комплексите за физически и технически качества в спортната гимнастика са важен аспект от подготовката на гимнастиците. Тези програми включват различни упражнения за измерване на издръжливостта, силата и гъвкавостта, както и технически елементи, които оценяват уменията и техническите способности на гимнастиците. Физическата и техническата подготовка е част от тренировъчния план на всеки гимнастик и прилагането на тестови инструментариум дава оценка и обратна връзка на треньорите за идентифициране силните и слабите им страни, за да могат правилно да насочват тренировъчния процес в правилната посока.



## Методика на изследването

Методологическа база на настоящото изследване има комбиниран подход между количествени (теоретичен анализ на литературни източници) и качествени статистически методи (Mann Whitney test, Wilcoxon signed rank test и Friedman test, а корелационните зависимости между променливите са определени чрез изчисляване на коефициентът на Пийрсън).

Приложена е дескриптивна статистика за изчисление на средните стойности и стандартните отклонения на всички променливи. Експерименталните данни се представят по два начина:

- 1) като средно  $\pm$  стандартно отклонение (SD);
- 2) като индивидуални стойности за всеки гимнастик.

За онагледяване на изследваната информация е използван графичен анализ чрез програмата GraphPad Prism (Ver 3.0).

## Методи на изследването

1. Теоретичен анализ на литературни източници;
2. Антропометрия;
3. Соматотипиране;
4. Велоергометрия (Уингейт тест);
5. Оценка на мощността на мускулите на дол. крайници (Сържант тест);
6. Биохимичен анализ на кръвта (глюкоза и лактат);
7. Пулсометрия;
8. Тестиране (тест-ретест);
9. Статистически анализ на данните.

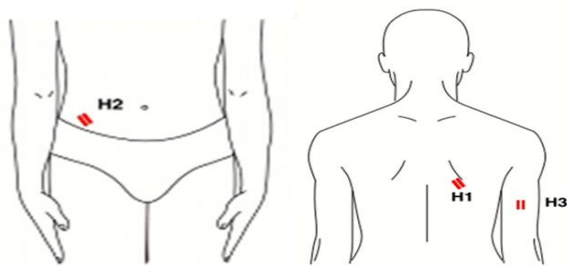
## Определяне на състав на тялото

Определянето на състава на тялото се извършва с **Body Composition Analyzer, модел IoI 353**. Устройството представя не само анализирани резултати за състава на тялото, но и енергийни разходи. Участниците в проучването бяха облечени с възможно най-леки дрехи и боси по време на измерването. От получените резултати се използва индексът на телесна маса (ITM), Soft Lean Mass (SLM), което

приближено характеризира мускулната маса, мастна маса и процент телесни мазнини.

### Определяне на соматотип

Определянето на соматотип в настоящото изследване е проведено по метода на **Heath-Carter**. Той се състои в измерването на следните променливи: 1) в измерване на стойностите на следните параметри: три кожни гънки; ширина на фемур и хумерус; обиколка на мишница и подбедрица; ръст и тегло; 2) изчисляване на данните и получаване на числов коефициент за всеки вид соматотип; 3) нанасяне на соматограма на стойностите и определяне на соматотипния профил на изследваното лице. Съгласно методиката, определянето на соматотип става чрез изчисляване на индивидуални соматотипни индекси, а визуализацията става с нанасяне на стойности за Х и Y на соматограма (фиг.5).



Фиг. 5

### Уингейт тест

Тестът се провежда с **Monarch 828 Е велоергометър**. В системата е включен велоергометър със софтуер. Тестът обикновено включва 30 сек. максимално натоварване или на ръката, или на крака. Тестващият уред е механичен велоергометър. След 5 минути разгриване, което включва и спринт при различно натоварване, изследваното лице става от колелото за три минутно възстановяване или продължава да върти педалите, но много бавно. Тестът започва с въртене до максимална скорост без никакво допълнително натоварване. След достигане на максимална скорост на въртене на педалите се прилага фиксирана тежест, която е с тегло 7,5 % от теглото на изследваното лице. Въртенето с тази тежест продължава 30 секунди, като стремежът е да се поддържа максимална скорост на

въртене, съответно максимална мощност. След края на теста се определя максималната мощност (Peak Power) за 5 сек. Относителната максимална мощ се определя като се раздели максималната мощ на теглото на изследваното лице. Уредът дава възможност да се определи и средната мощност за 30 сек.

### **Сържант тест**

Тестът на Сържант (Sargent, 1921), още известен като вертикален отскок е подходящ за проследяване на развитието на взривната сила на долни крайници. Тестът е лесен за изпълнение, тъй като оборудването е изключително достъпно. Необходима е стена, сантиметър и маркер. Изследваното лице разгръва около 5-10 минути. Застава до стената и протяга ръката си, като се отбелязва позицията в см. На обтегнатата ръка (M1). След това от статична позиция, изследваното лице отскача възможно най-високо, като отново протяга ръка и докосва стената (M2). Правят се три последователни отскока и се взима най-високият резултат. Определя се разликата M2 и M1 в см.

При анализ на резултатите на теста се използва както височината на вертикалния отскок, така и максималната мощност. Максималната мощност се изчислява с помощта на уравнението на Sayers, тъй като то включва теглото на изследваното лице. Преобразува се вертикалната височина на скока до единици мощност.

#### **Формула на Sayers (Sayers, et al., 1999):**

$$\text{Peak power (W)} = 60.7 \times \text{VJ (cm)} + 45.3 \times \text{mass (kg)}$$

### **Определяне на глюкоза и лактат в кръвта**

Измерването се осъществява с **биохимичен анализатор BIOSEN C Line** на немската фирма EKF Diagnostic. Определянето на глюкоза и лактат в кръвта се базира на електрохимично измерване с чип-сензор. Референтните граници за нормалните концентрации на глюкоза и лактат са: за глюкоза – 3.9 mmol/l – 5.5 mmol/l, за лактат – до 2.0 mmol/l.

## **Проследяване на сърдечна честота по време на тренировка (пулсометрия)**

По време на тренировка сърдечният ритъм (HR) на гимнастиците се записва с помощта на **active PULS** на немската компания MEDION AG. Възможностите на апарата са измервания в диапазона от 30-240 удара в минута. Всеки комплект от уреда е предварително програмиран за съответното изследвано лице. Програмирането включваше настройка на пол, възраст, височина, тегло. Спортистите са инструктирани да включат часовника си в режим хронометър преди началото на тренировъчното занимание, а в края на тренировката да го изключат. По време на тренировъчното занимание се измерва сърдечната честота и данните се анализират по-късно в лабораторията. Устройството позволява да се определи минималния и максималния пулс по време на тренировка и средният пулс за цялата тренировка.

### **Тестови инструментариум**

За оценка на физическите и технически умения на гимнастиците са проведени модифицирани 11 теста при момчетата и 7 при момичетата.

#### **А. Технически и физически тестове при момчета – (по 50 точки)**

- Тест 1. Силови стойки на успоредка – 15 п.
- Тест 2. Скок дължина от място – 3 м.
- Тест 3. Совалка – 180 сек.
- Тест 4. Ножици вляво и вдясно на кон с гривни – 2x20 п.
- Тест 5. Тилен лег, скок дъга – 15п за 15сек.
- Тест 6. Пасета на висилка с обръщане на 180° - 30п.
- Тест 7. Задни салта от място върху гимнастически квадрат – 15п за 15 сек.
- Тест 8. Ъгъл на халки в опора – 60 сек.
- Тест 9. Повдигане краката на гимнастическа стена – 40п.
- Тест 10. Кръгове на гъба – 50 п.
- Тест 11. Махова стойка на успоредка – 60 сек.

#### **Б. Технически и физически тестове при момичета – (по 50 точки)**

- Тест 1. Клек, опора, клек, вертикален отскок – 15п за 15 сек.
- Тест 2. Склопки на смесена успоредка – 20п.
- Тест 3. Бягане спринт 20 метра с хронометър – 3 сек.

Тест 4. Задни превъртания (салта) от място – 10п за 15 сек.

Тест 5. Силови стойки от външно разкрячен ъгъл – 15п.

Тест 6. Махова стойка задържане на земна гимнастика или греда – 60 сек.

Тест 7. Катерене по въже – 10 сек.

Оценяването при тестирането на гимнастици и гимнастички е процес на измерване на техните умения за време, брой или в метри.

Оценъчната точкова система (тал.1) е метод за оценяване на качествено изпълнение на определени елементи/упражнения чрез даване на точки за всяко от тях. Оценките се дават на база определени критерии, които са стандартизирани.

**Таблица 1.** Оценъчна точкова система

Оценъчна точкова система	БРОЙ ТОЧКИ		
	се дава за всяко упражнение		
	7т	25т	50т
	Минимум	Средно	Максимум

Максималният брой точки се определя по отделно за момчета и момичета като се умножат 50т по броя на изпълнените упражнения за (момчета 50x11), за (момичета 50x7).

#### **ОЦЕНКИ:**

**Отличен** – максимален брой точки за момчета 550т., за момичета 350т.

**Много добър** – момчета 500т, момичета 300т.

**Добър** – момчета 450т, момичета 250т.

**Среден** – момчета 350т, момичета 150т.

**Слаб** – момчета 300т, момичета 100т.

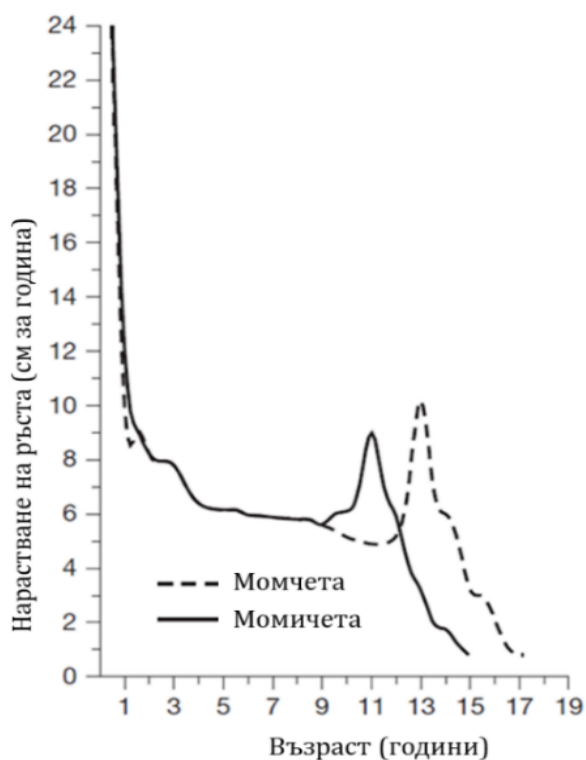
## ГЛАВА ТРЕТА. РЕЗУЛТАТИ И АНАЛИЗ

Изследванията, включени в настоящия дисертационен труд, обхващат период от 18 месеца с изследвани 594 индикатора. **Проведени са три измервания:** в началото на изследването, една година след началото му и 18 месеца след началото на изследването. В началото на измерването се включиха 22 спортисти, някои от които не продължиха при следващите тестове, поради ред причини. Това, не попречи да се осъществи поставената от нас цел и да се решат конкретните задачи и извеждане на определени зависимости. В държава като България и малък град като Благоевград, не би могло да има голям брой спортисти (гимнастици) от отделните възрастови групи, което прави изследването не лесно, а изследвания контингент изключително разнообразен по отношение на възрастов показател.

Основният акцент в глава трета се поставя върху:

### **Анализ на антропометрични данни и телесен състав на изследваните гимнастици**

Проведени са **три измервания на телесен състав**. Във всичките три изследвания от общо 22 участват само 9 гимнастици от тях, които при първото изследване са на възраст  $10.11 \pm 1.96$  години, ръст  $140.11 \pm 12.37$  cm, тегло  $35.48 \pm 9.68$  kg, при второто – на възраст  $11.11 \pm 1.96$  години, ръст  $145.22 \pm 11.21$  cm, тегло  $38.77 \pm 9.31$  kg и при третото – на възраст  $11.78 \pm 2.33$  години, ръст  $147.17 \pm 11.58$  cm, тегло  $41.37 \pm 10.58$  kg. Направен е статистически анализ на получените данни и е установено, че има статистически значима разлика в ръста между първото и третото изследване (Friedman test,  $P < 0.001$ ), теглото между първо и трето изследване (Friedman test,  $P < 0.001$ ), мускулната маса между първо и трето (Friedman test,  $P < 0.01$ ) и ИТМ между първо и трето (Friedman test,  $P < 0.05$ ). Прави впечатление ниският процент мазнини при изследваните спортисти, който успява да остане непроменен през изследвания период (фиг.6). Друга важна констатация е фактът, че за период от 1 година, през който са проведени първите две изследвания, при лицата няма статистически значими разлики в антропометричните показатели, въпреки че се намират във възраст на активен растеж и развитие. Разликите стават осезаеми едва след период от 18 месеца (при третото измерване).



**Фигура 6.** Типични индивидуални криви височина-възраст за момчета и момичета. (по данни на Малина и кол., 2004)

Както се вижда от фигура 6 изследваните лица се намират във възрастта на второто по-интензивно увеличение на ръста, което настъпва между 11 и 18 години (Malina et al., 2004; Genc & Cigerci, 2020) По наше мнение по отношение на антропометричните показатели се очаква, че след една година най-големи разлики ще има при второто измерване. Те не се оправдаха и както се вижда от получените резултати разликите са статистически значими едва след 18 месечен период на измерване.

В таблица 2 са представени числените стойности на изследвания контингент – гимнастици и гимнастичка по отношение на антропометрични данни при три измервания в месечен диапазон – януари 2019, януари и юни 2020 година.

**Таблица 2.** Антропометрични данни на изследваните лица при трите измервания

**А – м. януари, 2019**

Код	Възраст (год.)	Ръст (cm)	Тегло (kg)	Мазнини (%)	Мазнини (kg)	Безмастна телесна маса (kg)	Мускулна маса (kg)	ИТМ (kg/m <sup>2</sup> )
G2	8	128	27,4	6,9	1,9	25,5	23,9	16,7
G3	12	155	50,2	15,7	7,9	42,3	39,4	20,9
G4	10	143	40,2	11,4	4,6	35,6	33,2	19,7
G5	10	143	36,2	8,8	3,2	33	30,9	17,7
G9	12	149	40,5	17	6,9	33,6	31,2	18,2
G11	10	128	25,7	5,4	1,4	24,3	22,8	15,7
G12	7	125	22,6	11,5	2,6	20	18,7	14,5
G13	13	158	46,7	11,8	5,5	41,2	38,5	18,7
G17	9	132	29,8	6	1,8	28	26,3	17,1
Mean	10,11	140,11	35,48	10,50	3,98	31,50	29,43	17,69
±SD	1,96	12,37	9,68	4,11	2,37	7,64	7,08	1,97

**Б – м. януари, 2020**

Код	Възраст (год.)	Ръст (cm)	Тегло (kg)	Мазнини (%)	Мазнини (kg)	Безмастна телесна маса (kg)	Мускулна маса (kg)	ИТМ (kg/m <sup>2</sup> )
G2	9	135	30,1	6,3	1,9	28,2	26,4	16,5
G3	13	159	49,2	12,6	6,2	43	40,2	19,5
G4	11	151	45,3	10,8	4,9	40,4	37,7	19,9
G5	11	148	38	8,4	3,2	34,8	32,6	17,3
G9	13	151	47,9	24,6	11,8	36,1	33,4	21
G11	11	132,5	28,8	8,3	2,4	26,4	24,7	16,4
G12	8	133	27,9	14	3,9	24	22,4	15,8
G13	14	161	49,7	20,3	10,1	39,6	36,7	19,2
G17	10	136,5	32	5,6	1,8	30,2	28,3	17,2
Mean	11,11	145,22	38,77	12,32	5,13	33,63	31,38	18,09
±SD	1,96	11,21	9,31	6,45	3,62	6,74	6,24	1,84



**В – м. юни, 2020**

Код	Възраст (год.)	Ръст (cm)	Тегло (kg)	Мазнини (%)	Мазнини (kg)	Безмастна телесна маса (kg)	Мускулна маса (kg)	ИТМ (kg/m <sup>2</sup> )
G2	9	137	30,4	3,6	1,1	39,3	27,5	16,2
G3	14	163	56,8	15,5	8,8	48	44,7	21,4
G4	11	155	50,6	12,3	6,2	44,4	41,5	21,1
G5	12	150	42,3	8,7	3,7	38,6	36,1	18,8
G9	14	151	47,9	24,6	11,8	36,1	33,4	21
G11	12	134	30,4	9,9	3	27,4	25,6	16,9
G12	8	135	30,4	14,1	4,3	26,1	24,3	16,7
G13	15	162	50,9	19,1	9,7	41,2	38,3	19,4
G17	11	137,5	32,6	4,3	1,4	31,2	29,3	17,2
Mean	11,78	147,17	41,37	12,46	5,56	36,92	33,41	18,74
±SD	2,33	11,58	10,58	6,79	3,80	7,47	7,24	2,08

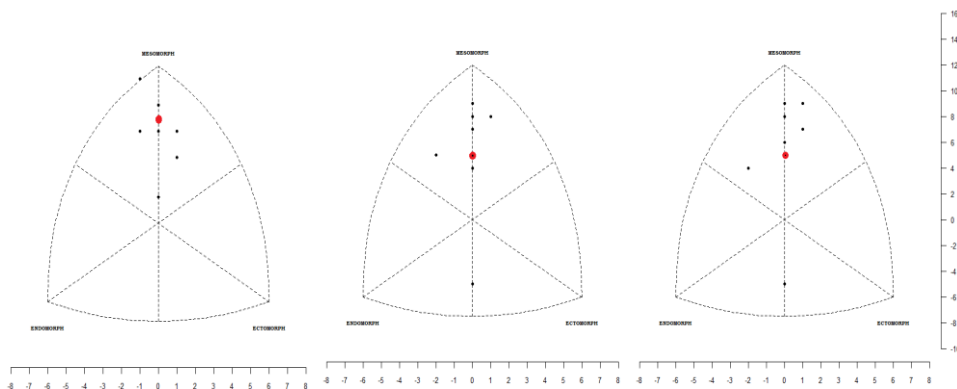
Проучването показва, че групата не е хомогенна по отношение на ръст и тегло, тъй като в тази възраст нормално се срещат най-много различия, и ИТМ варира най-малко. Въпреки че гимнастиците като цяло са слаби и с нисък индекс на телесна маса, прави впечатление, че с годините той се увеличава и това се дължи на увеличаване както на мускулната маса в резултат на тренировките, така и на процента мастна телесна маса, въпреки че няма статистически значима разлика при трите измервания. Ако в началото на изследването средната стойност на процента на телесни мазнини е  $10.50 \pm 4.11\%$ , то 18 месеца по-късно той е  $12.46 \pm 6.79\%$ . Получените стойности за ИТМ и процентът телесни мазнини дори при третото измерване са съизмерими със тези публикувани в литературата за гимнастици във същата възрастова група (Bale & Goodway, 1987; Markou, et al., 2004). Тези данни показват, че тренировките по спортна гимнастика в зала и тренировките в домашни условия, способстват за увеличаване на мускулната маса и поддържане на нисък процент на телесни мазнини.

**Анализ на соматотипния профил на изследваните гимнастици**

От различните критерии за проучване на човешкото тяло най-достовърни са тези, които се базират на морфологичните признаци.

Оформени като соматотипове, те са лесно достъпни за изследване, диагноза и оценка. Използваните различни методи на соматотипологията дават възможност за комплексна оценка на формата и структурата на тялото на изследваните гимнастици.

Соматотипното изследване е **проведено 3 пъти**. При всичките три само 9 (девет) от 22 изследвани лица участват в изследванията. Средният соматотип се променя съответно 2.8-6.7-2.9 (при първо изследване), 2.7-6.3-3.0 (при второ изследване) и 2.8-6.3-2.8 (при трето изследване).



**Фигура 7.** Соматограми на изследваната група при трите измервания (а) – януари 2019, б) – януари 2020, в) – юни 2020; червената точка се отнася за средния соматотип)

На общите соматограми ясно се вижда, че изследваните лица имат силно изразен мезоморфен тип. Мезоморфният тип е типът, който е характерен при гимнастици. Соматотипът им слабо варира при трите измервания, а извадката от 9 изследвани лица може да бъде представителна за целия отбор, тъй като разликите между техния среден соматотип и средния соматотип на всички изследвани лица са незначителни. Анализът на отделните соматотипни компоненти в таблица 3 показва, че няма статистически значима разлика при трите измервания (Kruskal-Wallis test).

**Таблица 3.** Соматотипни компоненти на изследваните лица при трите измервания.

Код	Ендо			Мезо			Екто		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
G2	2.9	2.3	2	7.4	7.2	6.3	2.5	3.2	3.6
G3	3.7	2.5	2.9	6.9	5.5	5.6	2.2	3.2	2.5
G4	3.4	2.6	2.9	8.2	7.3	7.5	2.0	2.4	2.4
G5	2.9	2.7	2.9	6.6	5.7	6.1	3.1	3.6	3.0
G9	3.4	4.4	4.6	4.8	5.7	5.4	3.2	1.9	1.8
G11	2.4	2.9	2.5	6.9	6.9	6.7	3.2	3.1	2.8
G12	2.0	2.3	2.8	6.8	7.2	6.4	3.8	3.5	3.3
G13	2.2	2.8	2.8	5.4	5.4	5.4	3.5	3.5	3.4
G17	2.0	2.1	1.5	7.1	6.1	6.9	2.6	2.9	2.9
Mean	2.6	2.7	2.8	6.1	5.9	5.9	2.7	2.9	2.9
±SD	0.6	0.7	0.8	1.0	0.8	0.7	0.6	0.6	0.6

*1 – януари 2019, 2 – януари 2020, 3 – юни 2020; Mean – средна стойност, ±SD*

Има корелация между измерения процент и маса на мазнините с ендоморфния компонент, съответно Пиърсън  $r=0.88$ ,  $p=0.002$  и  $r=0.83$ ,  $p=0.006$ , както и между индекса на телесна маса и ектоморфния компонент Пиърсън  $r=-0.73$ ,  $p=0.03$ . Между останалите измерени антропометрични данни и соматотипните компоненти няма корелация. Б и могло да се очаква, че след време, когато се увеличи мускулната маса на гимнастиците, съответно ще се увеличат и стойностите на мезоморфния компонент. Отрицателната корелация между ИТМ и ектоморфния компонент се изразява в това, че колкото е по-голяма стойността на ИТМ, толкова по-малка е стойността на ектоморфния компонент и обратно. Тази връзка е логична, тъй като ектоморфността се изразява в ниска телесна маса, а нарастването на стойността на ИТМ показва нарастваща телесна маса. Резултатите от проведените антропометрични измервания показват, че статистически значими разлики в тези показатели се наблюдават едва след 18 месечен период, въпреки нашите очаквания. Тъй като изследваната група лица са във възраст на бурен растеж, ние очаквахме да забележим промени в антропометричните показатели след 12 месеца. Соматотипът при гимнастиците, очаквано, се промени най-малко, като основната и желана промяна се изразяваше в увеличението на мезоморфния компонент, което е свързано с увеличението на мускулната маса в резултата на целенасочените тренировки.

## Анализ на резултати от Уингейт теста

Гимнастиците често са ангажирани в много интензивни, краткотрайни активности, вместо в по-малко интензивни и по-продължителни. Освен това повечето ежедневни дейности, игри и спортове изискват предимно кратко интензивно натоварване. Ето защо анаеробните им способности изглежда са важен физиологичен фактор за децата. Тъй като те са по-малко анаеробни от възрастните, под въпрос е изследването на техния анаеробен капацитет въобще, но при спортистите обаче е от значение.

По настояще Уингейт анаеробният тест в лабораторни условия с велоергометър е приет като златен стандарт за определяне на анаеробния капацитет. По време на теста изследваните лица въртят педалите при постоянно съпротивление в продължение на 30 сек. Провеждането на теста изисква комбинация от фосфорилна, гликолитична и аеробна мощ.

Пиковата мощност (PP) отговаря на способността на мускула да произведе краткотрайна механична мощност (пикова фосфорилна мощност), докато средната мощност (MP) най-добре представя гликолитичната мощност на долни крайници. Доказано е, че WAnT е надежден и валиден при деца и юноши с различни хронични заболявания. Някои автори предлагат съкращаване на Wingate теста при деца и провеждането му вместо за 30 сек, за 20 сек (Chia, Armstrong, & Childs, 1997), като мотивът за това е, че гимнастиците работят предимно в аеробен режим дори и при високо интензивни натоварвания.

*Изследването е проведено 3 пъти като в различните изследвания участват едни и същи и различни гимнастици поради възникнали причини.*

При **първото и второто изследване** участват 12 състезатели. Изследваните лица значително са повишили своята максимална (Wilcoxon signed rank test, P value = 0,03) и минимална мощност (Wilcoxon signed rank test, P value = 0,0005) за този период, както и относителната максимална мощност (Wilcoxon signed rank test, P value = 0,04) . Това обаче не се отразява на анаеробната им умора.

Във **второто и третото изследване** участват 7 лица. Периодът на изследване съвпада с липсата на нормална тренировъчна дейност, заради COVID-19, а също така е и значително по-кратък, няма намерени

статистически значими разлики в максималната, минималната и относителната максимална мощност, а също така и анаеробната умора.

При **всичките три изследвания** участват общо 6 гимнастика. Има промяна при трите измервания и в четирите следени параметри – максималната (Friedman test, P value = 0,006) и минималната мощност (Friedman test, P value = 0,006), анаеробната умора (Friedman test, P value = 0,006) между първото и третото измерване и относителната максимална мощност (Friedman test, P value = 0,006) между първото и второто измерване. Резултатите от този тест ясно показват, че с времето анаеробната мощност се увеличава, като за това способстват целенасочените тренировки.

Особеностите на спортистите в спортните дисциплини са резултат от селекция и от друга страна на специфичните ефекти от дейностите, които създава дисциплината, както твърдят редица автори (Šuk et al., 2007). Гимнастиката изисква експлозивни спринтове, скачащи, бутаци и издърпващи умения, заедно с баланс и артистичност. На прескок, греда и земна гимнастика експлозивната сила на краката играе важна роля в свързващите елементи и акробатичните серии. Подскачането е едно от най-важните движения в съчетанията на земя и прескок и се придобива от гимнастиците в най-ранна възраст като част от ежедневните им тренировки според Marina et al. (2013).

Таблица 4 представя средните стойности и стандартните отклонения на мощността, анаеробната умора в проценти, максималната относителна мощност на килограм тегло.

**Таблица 4.** Стойности на мощността, анаеробната умора и относителната максимална мощност на гимнастиците, участвали и в трите измервания

**A – м. януари, 2019**

Код	Мощност (W)		Анаеробна умора (%)	Максимална относителна мощност (W/kg)
	Макс	Мин		
G2	116.26	73.78	36.54	4.31
G3	247.01	227.01	8.10	4.94
G4	212.55	159.10	25.15	5.45
G5	139.38	117.23	15.89	3.87
G9	181.40	123.52	31.91	4.53
G11	88.85	66.08	25.63	3.42
Mean	164.24	127.79	23.87	4.42
± SD	60.14	59.46	10.41	0.73

**Б – м. януари, 2020**

Код	Мощност (W)		Анаеробна умора (%)	Максимална относителна мощност (W/kg)
	Макс	Мин		
G2	185.91	97.73	47.43	6.18
G3	336.87	272.85	19.00	6.87
G4	364.91	225.74	38.14	8.11
G5	239.28	165.08	31.01	6.30
G9	324.26	168.54	48.02	6.90
G11	165.01	89.14	45.98	5.69
Mean	269.37	169.85	38.26	6.68
± SD	84.21	71.38	11.51	0.84

**В – м. юни, 2020**

Код	Мощност (W)		Анаеробна умора (%)	Максимална относителна мощност (W/kg)
	Макс	Мин		
G2	150.03	82.88	44.76	5.00
G3	382.22	285.64	25.27	6.83
G4	427.88	233.24	45.49	8.56
G5	260.85	173.38	33.53	6.21
G9	332.93	158.19	52.49	6.94
G11	138.40	92.89	32.88	4.61
Mean	282.05	171.04	39.07	6.36
± SD	120.34	78.81	10.13	1.44

*Mean – средна стойност, ± SD – стандартно отклонение*

Височината на подскоците скоковете и акробатичните елементи (серии) и точното прецизно приземяване са едни от най-важните компоненти на техническите изисквания за успешно изпълнение на гимнастическите упражнения в гимнастиката. Способността да се развият повишени нива на мускулна сила се отразява от потенциала за извършване на по-напреднали умения и акробатика, както твърдят авторите French et al. (2004). Способността на гимнастиците да предават импулса от краката си към горната част на тялото е от решаващо значение, за прецизното изпълнение на гимнастическите елементи според Mkaouer et al. (2012).

Средната възраст на изследваната група е  $10.5 \pm 1.5$  години. Литературата няма данни за изследвания в тази възрастова група гимнастици. Изследвания обаче са провеждани с деца, които не се занимават с гимнастика (Chia, Armstrong, & Childs, 1997) и стойността, измерена от авторите за средна максимална мощност е  $168 \pm 33,7$  W. При първото наше измерване в началото на изследването средната стойност на максималната мощност на изследваните лица е  $164.24 \pm 60.14$  W, която е съизмерима с тази от литературата. Максималната мощност на изследваната група гимнастици прогресивно нараства през изследвания период и след 12 и 18 месеца е значително по-висока от тази на нетренираните деца (средна максимална мощност при второто измерване е  $269.37 \pm 84.21$  W, а при последното измерване е  $282.05 \pm 120.34$  W). Тези резултати са още едно доказателство, че тренировките по гимнастика оказват силно въздействие върху повишаване на анаеробния капацитет на спортистите.

### **Анализ на резултатите от Сържант теста**

Изследваните лица попадат в различни възрастови групи, затова анализът на данните е съобразен с различни нормативи. Четири от изследваните лица са в категорията възрастни, затова данните са сравнени с адаптираната по Chu (1996) скала. Останалите са на възраст от 8 до 14 години, като при тях са използвани други скали (Aleksić-Veljković, et al., 2013; Nikolaidis, et al., 2016). Трябва да упоменем, че в тази възрастова група са правени малко изследвания и би могло да бъде обект на по-нататъшни задълбочени научни изследвания.

В спортната гимнастика са необходими качествата сила, гъвкавост и мускулна издръжливост, съчетани със скорост и координация (Höög & Andersson, 2021). Резултатът от проучванията показва, че съвременните гимнастици трябва да имат значително по-голяма сила и мощ поради непрекъснато нарастващите технически трудности (Atiković, et al., 2018).

Експлозивната мускулна сила, представлява способността на организма да генерира мускулна работа за кратко време, а скоростта на производство на сила са в основата на гимнастическите движения (Kaur & Koley, 2019). Тестовете, включващи вертикален отскок, обикновено се използват за оценка на промените в мускулната сила и мощност на долни крайници.

Способността за скачане на гимнастиците често е съпътствала успешното представяне и понякога се счита за общ показател относно уменията по гимнастика. Авторите Marina, et al. (2013) твърдят, че

обичайният брой скокове с двата крака е от 1000 до 2000 на седмица, когато се вземат предвид всички акробатични елементи.

Вертикалният отскок се използва в много спортове с цел е да се достигне максимално голяма височина. Други цели включват и ротация в акробатично салто. Уменията за скачане на гимнастиците често са свързани с успешното представяне (особено при рутинните упражнения на земна гимнастика, гредата и прескок) и понякога се смятат за общ показател за техните умения. Представянето на гимнастиката до голяма степен се определя от способността за успешно изпълнение на сложни въртящи елементи напред и назад (Mkaouer, et al., 2012). Ако гимнастикът не успее да направи акробатичен скок, проблемът може да бъде свързан с капацитет за скачане, специфичната техника и координацията на движението, или и двете (Marina & Torrado, 2013).

Способността за скачане е от решаващо значение в гимнастиката на всички нива на състезания и във всички категории гимнастици. Липсват проучвания в категориите на младите гимнастици, които вече се състезават на международно ниво. Това беше и причината при гимнастиците да бъде използван и Сържант тест (Приложение 3). При провеждане на теста изследваните лица правят три опита, като най-добрият от тях се използва за определяне на височината на отскока. В първото изследване участват 13 гимнастици и съответно резултатите са: височина на вертикалния отскок  $37.77 \pm 12.62$  cm и изчислената мощност на отскока е  $2207.5 \pm 1167.5$  W.

При второто изследване участват 17 гимнастици като съответно резултатите им са: височина на вертикалния отскок  $35.35 \pm 10.30$  cm и изчислената мощност на отскока е  $1760.63 \pm 938.41$  W.

В третото изследване участват 8 гимнастици, като съответно резултатите им са: височина на вертикалния отскок  $40.13 \pm 6.17$  cm и изчислената мощност на отскока е  $1637.08 \pm 1549.66$  W.

В първото и във второто изследване участват 9 изследвани лица. Въпреки че се забелязва слабо повишение средните стойности на височината на вертикален отскок ( $35.00 \pm 6.41$  cm при първото и  $36.63 \pm 7.39$  cm при второто) и изчислената мощност на отскока ( $1724.60 \pm 630.39$  W при първото изследване и  $1963.15 \pm 620.62$  W при второто) няма статистически значима разлика в стойностите при двете изследвания.

Във второто и третото изследване участват 8 гимнастици. Въпреки че слабо са се повишили средната стойност на височината на вертикален отскок ( $35.75 \pm 7.92$  cm при второто и  $40.13 \pm 6.17$  cm при третото) няма



статистически значима разлика в стойностите при двете изследвания. Съществува обаче статистически значима разлика в изчислената мощност на отскока ( $1708.45 \pm 698.41$  W при второто изследване и  $2098.59 \pm 744.10$  W при третото, Wilcoxon signed rank test, P value = 0,04). С изключение на едно от изследваните лица, което е понижило своята мощност, всички останали са я увеличили значително. Това се дължи на факта, че въпреки че са повишили теглото си, височината на отскока е останала относително постоянна.

Във всичките три изследвания участват 8 изследвани лица при тритото измерване на възраст  $12.4 \pm 2.8$  години, ръст  $141.4 \pm 13.3$  см и тегло  $38.0 \pm 9.9$  кг. Резултатите от проведените изследвания са представени в таблица 4. Между стойностите на вертикалния отскок при трите измервания няма статистически значима разлика. Такава разлика (Friedman test, P < 0.01) обаче се наблюдава между стойностите на изчислената максимална мощност от първото и третото измерване. Тази статистически значима разлика показва, че височината на отскока се запазва във времето, повишеното тегло на гимнастиците в период от 18 месеца води до повишаване на мощността.

Подобен е характерът и на промените в анаеробните способности на гимнастиците, като сериозни промени измервани при Уингейт и Сържант (табл.5) тестовете се наблюдават след 18 месечен период на измерване. Тези показатели се увеличават въпреки, фактът, че състезателите тренират в домашни условия за определено време, и приложените упражнения в комплекса са безспорно подходящи за развитието на техните анаеробни възможности.

Както и при антропометричните показатели и тук се запазва тенденцията статистически значими промени да се наблюдават не след 12 месеца, а след 18.

Сравнението на получените данни от отскока с тези от литературните източници показва, че изследваните лица имат значително по-високи стойности както на вертикалния отскок, така и на изчислената максимална мощност от тези на лица в същата възрастова група (Taylor, et al., 2010). Изследваните гимнастици достигат и дори надминават максималната стойност за вертикален отскок за съответната възраст, представена в нормативите от Taylor, et al. (2010).

**Таблица 5.** Данни на изследваните гимнастици, участващи в Сържант теста при трите измервания.

Код	Височина на вертикален отскок (cm)	Изчислена максимална мощност (W)	Височина на вертикален отскок (cm)	Изчислена максимална мощност (W)	Височина на вертикален отскок (cm)	Изчислена максимална мощност (W)
<b>G2</b>	29	947	30	1129.53	30	1143.12
<b>G3</b>	28	1919	34	2237.56	40	2946.04
<b>G5</b>	42	2134	31	1548.1	42	2410.59
<b>G9</b>	30	1601	30	1935.87	30	1935.87
<b>G11</b>	37	1355	40	1677.64	43	1932.22
<b>G13</b>	45	2792	45	2927.91	51	3346.47
<b>G14</b>	26	1702	42	2754.87	49	3188.83
<b>G28</b>	35	1623.29	35	1487.39	35	1623.29
<b>Mean</b>	34.0	1759.2	35.9	1962.4	40.0	2315.8
<b>±SD</b>	6.9	548.0	5.8	633.4	7.9	790.7

*Mean* – средна стойност, *±SD* – стандартно отклонение

Корелационна зависимост има между стойностите на максималната (Pearson  $r = 0.75$ ,  $p = 0.05$ ) и относителната максимална мощност (Pearson  $r = 0.63$ ,  $p = 0.05$ ) при Уингейт теста и изчислената максимална мощност от Сържант теста, докато няма намерени зависимости на данните от Уингейт теста и височината на вертикалния отскок. Тези зависимости показват, че Сържант теста може да бъде използван за бърза оценка на анаеробните способности на гимнастиците, дори и в тренировъчната зала, тъй като той може да се провежда без необходимост от скъпо оборудване и не отнема много време. Разбира се трябва да се има предвид изчислената максимална мощност, защото тя зависи и от масата на изследваното лице.

Повишените стойности както на вертикалния отскок, така и на изчислената максимална мощност показват, че в резултат на целенасочени тренировки се повишават анаеробните способности на изследваните гимнастици. В заключение по наше мнение локдаун обстановката, не оказва съществено влияние върху тяхното функционално състояние, при прилагането на подходящ тренировъчен план в домашни условия.

## Резултати и анализ при определяне на глюкоза и лактат в кръвта на гимнастиците след натоварване

Резултатите от проведените измервания по тази точка са представени в таблици 6 и 7.

В двете измервания участват 12 изследвани лица. И при двете изследвания няма статистически значима разлика в стойностите на глюкозата преди натоварването и на 1-ва, 3-та и 5-та минута след теста. Изследванията в литературата, свързани с промяна на глюкозата при провеждане на краткотраен анаеробен тест са предимно с нетренирани мъже и жени и данните не могат да бъдат съпоставяни с нашите изследвани лица. Би следвало да се очаква, че при такъв тест, при добре тренирани лица този показател не трябва да се променя, както е в нашия случай. И при двете изследвания данните за концентрацията на лактата показват статистически значими разлики в стойностите преди натоварването и на 1-ва (Friedman test,  $P < 0.05$ ), 3-та (Friedman test,  $P < 0.001$ ) и 5-та (Friedman test,  $P < 0.001$ ) минута. Концентрацията на лактата се увеличава значително след края на натоварването, като на 5-та минута нейната стойност е най-голяма.

**Таблица 6.** Стойности на концентрацията на глюкозата и лактата в кръвта през м. януари 2019 г.

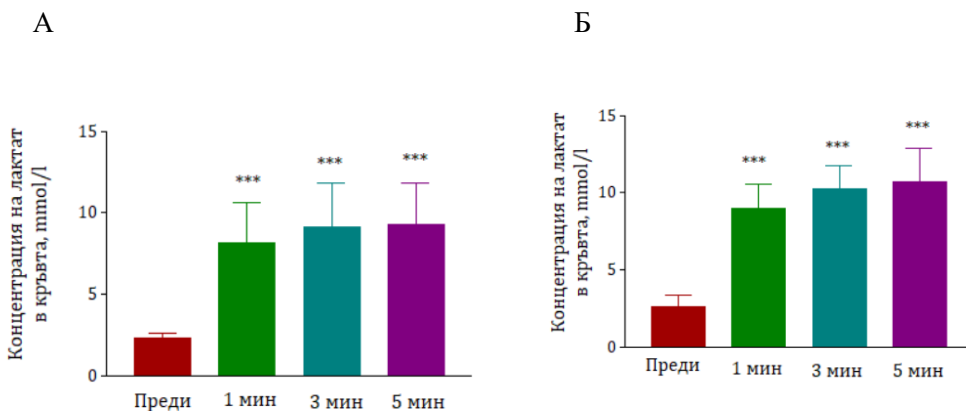
Код	Глюкоза (mmol/l)				Лактат (mmol/l)			
	преди	1 мин	3 мин	5 мин	преди	1 мин	3 мин	5 мин
G1	3,59	4,11	4,36	4,21	2,21	10,2	11,65	12,2
G2	4,34	4,68	4,66	4,31	2,13	7,69	9,31	10,07
G3	4,65	4,49	4,47	4,49	2,79	7,79	7,76	7,39
G4	3,95	4,22	4,42	4,33	2,9	8,96	9,29	8,16
G5	3,82	3,92	4,14	4,07	1,83	5,67	6,73	7,28
G9	4,08	4	4,27	4,02	2,1	4,66	6,02	7,13
G11	4,35	4,52	4,91	4,92	2,32	6,55	8,06	8,48
G16	4,38	4,53	4,36	4,52	2,18	7,91	6,68	6,66
G21	4,98	4,9	5,23	5,25	2,03	14,51	15,96	15,68
G22	5,33	5,35	5,39	5,15	2,7	6,93	7,97	7,89
G23	5,21	5,3	5,42	5,13	2,35	9,19	10,19	10,53
G24	4,78	4,7	5,02	4,93	2,11	7,33	9,51	9,55
Mean	4,15	4,31	4,45	4,36	2,31	7,43	8,19	8,42
±SD	0,35	0,28	0,24	0,29	0,36	1,77	1,84	1,86

**Таблица 7.** Стойности на концентрацията на глюкозата и лактата в кръвта през м. януари 2020 г.

Код	Глюкоза (mmol/l)				Лактат (mmol/l)			
	преди	1 мин	3 мин	5 мин	преди	1 мин	3 мин	5 мин
G1	12,35	11,50	11,08	10,52	2,77	8,30	9,46	10,78
G2	5,57	5,04	5,21	5,09	2,35	7,30	8,09	9,01
G3	6,23	4,99	5,17	5,32	2,83	11,48	9,42	10,69
G4	4,28	4,64	5,22	5,22	2,19	12,10	12,71	13,39
G5	4,16	4,11	4,77	4,52	2,04	7,57	12,72	13,88
G9	4,75	4,61	4,36	3,98	2,55	9,05	11,57	13,53
G11	5,09	3,22	5,05	5,04	2,56	9,77	9,86	8,22
G16	4,28	3,21	4,62	4,43	2,76	7,69	9,42	7,67
G21	5,16	5,48	5,68	5,11	1,70	8,60	10,71	10,29
G22	5,13	5,02	6,05	6,30	2,58	7,74	8,41	7,92
G23	4,11	3,78	4,11	4,34	2,40	8,59	10,75	11,13
G24	4,94	3,89	4,00	4,12	4,70	9,96	9,71	11,59
Mean	5,84	5,17	5,69	5,52	2,51	9,16	10,41	10,90
±SD	2,73	2,66	2,20	2,07	0,29	1,82	1,71	2,49

На фигура 8 е представена графично промяната в концентрацията на лактата преди натоварването и на първата, третата и петата минута след натоварването при двете измервания.

Няма статистически значими разлики между концентрациите на глюкозата и лактата при двете измервания.



**Фигура 8.** Концентрация на лактат в кръвта преди натоварването и на 1<sup>-ва</sup>, 3<sup>-та</sup> и 5<sup>-та</sup> минута след натоварването при първото (А) и второто (Б) измерване.

В едно от изследванията им авторите Chia et al. (1997) показват, че след подобен анаеробен тест лицата на възраст  $9.7 \pm 0.3$  години, максималната концентрация на лактат се постига на втората минута след натоварването и тя е в границите 2.0-8.1 mmol/L. Това обаче не означава непременно дефицит в способността на децата да генерират анаеробна енергия; вместо това може да отразява намалена зависимост от анаеробния метаболизъм за посрещане на енергийните нужди на натоварването. При всички положения обаче нетренираните деца имат по ниски нива на лактат след натоварване от изследваните гимнастици. Средните стойности на лактат на 1<sup>-ва</sup>, 3<sup>-та</sup> и 5<sup>-та</sup> минута след натоварването при второто измерване са се увеличили в сравнение с първото, което е още едно доказателство за ефекта на тренировката върху увеличаване на анаеробния капацитет. Това увеличение се изразява в способността на мускула да толерира по-големи концентрации на лактат.

### **Анализ на резултатите за сърдечна честота по време на тренировка по гимнастика**

Спортната гимнастика е спорт, в който физиологичните изисквания на гимнастиците непрекъснато се увеличават, тъй като международният стандарт се определя от Международната федерация по гимнастика (FIG), използвайки Кодекса от точки, който се преразглежда и актуализира на всеки четири години.

Основните физиологични изисквания в гимнастиката са фокусирани върху мускулната сила и мощ, без да се мобилизират значително аеробни процеси (Dallas, et al., 2013). По отношение на силата, гимнастиците са сред най-силните олимпийски спортисти, когато мощността се измерва спрямо телесното тегло (относителна сила). Това се демонстрира от способността им да поддържат и движат телесната си маса чрез различни динамични или статични позиции.

За да достигнат високо ниво, гимнастиците започват да тренират в ранна възраст. Те трябва да достигнат високо ниво на сила, гъвкавост и координация, за да изпълняват различни сложни акробатични движения. Гимнастиката е технически спорт и има специфични физиологични и психологически изисквания. По време на състезание гимнастиците попадат в различни ситуации и включват различни мускулни групи. Успехът е резултат от многократни повторения на едно и също движение и елемент до неговата перфектна реализация.

Обикновено мониторингът на сърдечната честота на гимнастиците се прави по време на състезание, така че нашата цел е да измерим сърдечната честота по време на рутинната тренировка, тъй като тя се различава от състезанието по продължителност.

Единадесет гимнастици (мъже и жени) (възраст  $10,98 \pm 2,98$  години, височина  $140,09 \pm 13,82$  см, тегло  $36,16 \pm 11,57$  кг) участваха в проучването. Измерванията бяха направени на 15.03.2019 г. Провеждат се планирани тренировки всяка сутрин (10.30 часа). Те са с продължителност 2 часа. Тренировката се състои от разгръване за 20 минути, последвано от 5-минутен набор от 10 основни упражнения за гъвкавост. Десет минути те се разгръват с упражнения от основната гимнастика на гимнастическия квадрат с много повторения на видове упражнения за различните части на тялото. След това непосредствено се включват махови стойки, салта, претъркалияния напред, назад и встрани. В продължение на десет минути се изпълняват комплекси от упражнения на смесена успоредка и халки с помощ и различни видове приземявания. След това всеки спортист изпълнява по 20 минути всички необходими упражнения от гимнастическото съчетание на отделен уред. По три уреда минимум за всеки гимнастик на тренировка. В края на тренировката упражненията продължават на батут в продължение на 15 минути, за да развият ориентация в пространството, координация и точно приземяване.

В проучването участват 11 гимнастици от гимнастическия клуб „Пирин” 2011. Антропометричните данни и данните от сърдечната честота (HR) са представени в таблица 8.

Гимнастиците провеждат редовната си тренировка и през всички части на заниманието са изследват със специални пулс тестери active PULS на немската компания MEDION AG.

**Таблица 8.** Антропометрични данни и (HR) на изследваните лица

Код	Височина (cm)	Тегло (kg)	HR в покой (bpm)	Изчислена максимална HR, (bpm)	Резерв на HR (bpm)	Област на ниска интензивност		Минимална HR (bpm)	Средна HR (bpm)	Максимална HR (bpm)
						Долна (bpm)	Горна (bpm)			
G1	161	55	88	202	114	111	148	99	102	230
G2	128	27.4	88	212	124	113	158	110	133	238
G3	155	50.2	68	208	140	96	167	100	138	225
G4	143	40.2	94	210	116	117	153	110	128	237
G5	143	36.2	96	210	114	119	151	100	120	229
G6	120	22.6	92	212	120	116	156	100	131	240
G9	149	40.5	90	208	118	114	153	100	115	235
G11	128	25.7	88	210	122	112	156	120	139	232
G14	155	48.1	88	206	118	112	152	110	143	227
G17	132	29.8	98	211	113	121	151	105	124	238
G18	127	22.1	100	211	111	122	150	120	142	229
Mean	140.09	36.16	90.00	209.09	119.09	113.82	154.19	106.73	128.64	232.73
±SD	13.82	11.57	8.49	2.98	7.98	7.01	5.02	7.93	12.64	5.10

В литературата се намира недостатъчна информация относно изследвания за сърдечна честота на гимнастиците, особено по време на тренировъчен процес. Измерването позволи да оценим интензивността на тренировъчното натоварване. Логично е когато интензивността е висока и пулсът ще бъде по-висок близо до максималния.

Необходимо е да има предварителна информация за сърдечната честота в покой и максималната сърдечна честота на всяко изследвано лице, за да може най-ефективно да се измери интензивността в дадената тренировка. Пулсът в покой се измерва, след като изследваното лице е било в покой няколко минути. Максималната сърдечна честота често се изчислява по формулата:

$$\mathbf{MHR = 220 - \text{години}}$$

Един от най-добрите методи за определяне на целевите диапазони на пулса за проследяване на интензивността на физическата активност е използването на техниката, известна като метод на резерва на сърдечната честота (HRR), известен също като метод на Karvonen (Karvonen, et al., 1957). При този метод пулсът в покой (RHR) първо се изважда от максималния сърдечен ритъм (MHR), за да се получи HRR.

$$\mathbf{HRR = MHR - RHR}$$

За да изчислим диапазона на сърдечната честота за практически цели, използвахме стандартите от таблица 9 по-долу, за да определим съответните % стойности на HRR (по Stand, 1998).

**Таблица 9.** Класификация на интензивността на физическата активност, използвайки % резерв на сърдечната честота (по Stand, 1998).

Описание на интензивността	Относителна интензивност
	% резерв на сърдечната честота (% HRR)
Много лека	<20
Лека	20-39
Средна	40-59
Силна	60-84
Много силна	>85

Средната HR на гимнастиците е по-нисък ( $128,64 \pm 12,64$ ) от тази, измерена по време на състезание ( $189,44 \pm 17,74$  и  $194,64 \pm 4,69$  удара в минута) съответно при жени и мъже (по данни на Dallas, et al., 2013) , но



те са в диапазона 114-185 удара в минута по време на тренировка, докладван от Jemni et al. (1998). HR се колебае много по време на изпълнението, което вероятно се дължи на периодичния характер на състезанието, енергичните движения и бързите промени в позата (McArdle, et al., 1991), както и поради трудността на гимнастическите упражнения при различните уреди.

Въпреки колебанията средната HR показва, че гимнастическата тренировка е със слаба интензивност. Това означава, че спортистите могат лесно да поддържат HR по време на тренировка и могат бързо да възстановят HR след всяко упражнение. Това е доказателство за добра кондиция и високо ниво на тренираност, дори и за най-малките. Само за един гимнастик тренировката беше с много лек интензитет, в сравнение с останалите изследвани лица тъй като е елитен гимнастик този вид тренировка за него не води до промени в неговата HR. Проследяването динамиката в пулса по време на тренировката е показателен за интензивността на тренировката, усилията, положени от спортистите, и може да бъде полезен инструмент за наблюдение на функционалния капацитет на гимнастиците. Заедно с други параметри той може да се използва при проследяване на промените в тяхното развитие.

### **Влияние на тренировъчното натоварване върху техническите умения на гимнастици**

Една от задачите на настоящето изследване е да се определи влиянието на тренировките върху техническите умения на гимнастиците проведени в зала и в домашни условия (осъществени по време на локдаун в началото на 2020г свързано с COVID-19). Селектирани са част от тестовете в двете програми на FIG.

Изследването е проведено в период от една година, като през тази година гимнастиците провеждат нормални тренировъчни занимания в зала и тренировки в домашни условия (март 2020 до юни 2020). Гимнастиците са разделени по пол в две групи, момичета и момчета, тъй като тестовете са различни за всяка от тях: при момчетата – 12 технически теста, при момичетата – 7 технически теста – независими извадки.

В техническите тестове участват осем момчета (възраст  $9.38 \pm 1.41$  години, ръст  $134.50 \pm 11.48$  cm и тегло  $32.19 \pm 9.36$  kg в началото на изследването) и седем момичета (възраст  $10.29 \pm 2.69$  години, ръст  $142.64 \pm 12.28$  cm и тегло  $35.50 \pm 10.49$  kg в началото на изследването).

Изследванията са проведени в началото на м. юни 2019 и началото на м. юни 2020г.

Резултатите от тестовете са по точковата система от 0 до 50, в зависимост от представянето на изследвано лице използвана скала (по Хаджиев, 1970).

Резултатите от изследването показват, че въпреки усложнената обстановка момчетата са подобрили значително показателите си в три от тестовете (Wilcoxon signed rank test), докато при момичетата няма статистически значима разлика, т.е. те успяват да поддържат своето физическо и техническо състояние.

Въпреки неблагоприятното и усложнено положение, съответно липсата на тренировки в зала през по-голямата част от времето, състезателите, които подхождат мотивирано към тренировките у дома успяват да запазят (при момичета) и дори да подобрят (при момчета) техническите си умения.

Обобщените антропометрични данни за изследваните лица, участващи в техническите тестове са представени в таблица 10.

**Таблица 10.** Обобщени антропометрични данни за изследваните лица, участващи в техническите тестове

Показател	МОМЧЕТА		МОМИЧЕТА	
	Начало на изследването	Край на изследването	Начало на изследването	Край на изследването
<b>Брой, n</b>	8	8	7	7
<b>Възраст, години</b>	9.38 ± 1.41	10.38 ± 1.41	10.29 ± 2.69	11.14 ± 2.85
<b>Ръст, cm</b>	134.50 ± 11.48	139.94 ± 11.36**	142.64 ± 12.28	146.57 ± 12.22*
<b>Тегло, kg</b>	32.19 ± 9.36	34.63 ± 8.66*	35.50 ± 10.49	38.70 ± 10.71*

\*  $p < 0.05$ , \*\*  $p < 0.005$

Тези антропометрични данни могат да бъдат използвани за оценка на физическото развитие на детето и за сравнение с нормативните данни за възрастова група 9-11 годишни деца.

- По отношение на възрастовия показател изследваният контингент гимнастици и гимнастички попадат в диапазон 9-11 годишни деца. Групите са нееднородни от два пола.
- По отношение на ръстовия и теловия показател настъпилите промени за краткия период от 1 година са в резултат на естествен младежки растеж и развитие на детското тяло.

Обобщените резултати от техническите тестове са представени в таблица 11.

**Таблица 11.** Резултати от технически тестове при момчетата и момичетата.

Тестове		Резултат през м. юни 2019, точки (средна стойност ± стандартно отклонение)	Резултат през м. юни 2020, точки (средна стойност ± стандартно отклонение)
Момчета	Силови стойки на успоредка	18.63 ± 13.80	23.75 ± 12.57*
	Скок дължина от място	20.00 ± 19.21	18.88 ± 16.14
	Совалка	44.75 ± 4.59	43.75 ± 7.44
	Ножици в ляво и дясно	35.38 ± 15.32	38.13 ± 14.38
	Тилен лег, скок, дъга	44.00 ± 5.15	43.75 ± 6.88
	Пасета на висилка	19.50 ± 16.57	23.25 ± 18.20*
	Задни салта за време	26.63 ± 12.25	30.00 ± 11.51
	Ъгъл на халки в опора	22.38 ± 16.66	28.00 ± 12.64
	Повдигане на краката на шведска стена	17.63 ± 19.23	30.25 ± 13.55*
	Брой кръгове на гъба до отказ	19.75 ± 15.18	30.63 ± 9.74
	Махова стойка задържане на успоредка	22.13 ± 19.86	25.75 ± 17.62
Момичета	Лег, клек, подскок	31.57 ± 12.42	32.71 ± 12.54
	Брой склопки на смесена успоредка	20.71 ± 23.53	32.43 ± 17.19
	20 метра бягане под 3 сек	32.86 ± 16.75	32.43 ± 17.19
	Задни салта от място	29.57 ± 10.47	28.29 ± 13.15
	Силови стойки от външно разкрячен ъгъл	23.57 ± 19.73	28.14 ± 20.71
	Стойка задържане на гредата и земя	20.86 ± 23.29	23.14 ± 21.73
	Катерене на въже за време	18.57 ± 23.97	14.86 ± 23.14

\* p < 0.05

От представените резултати в таблица 11 става ясно, че и в двете групи са настъпили промени в техническо отношение. Статистически значими разлики в постиженията при момчетата има само при 3 технически показателя (три теста) – силови стойки на успоредка (Wilcoxon signed rank test,  $p=0.0156$ ), пасета на висилка (Wilcoxon signed rank test,  $p=0.0313$ ) и повдигане на краката на гимнастическа стена (Wilcoxon signed rank test,  $p=0.0156$ ). Повишаването на резултатите при тези тестове показва повишаване на силата и издръжливостта на горни крайници при първите два теста и повишаване на силата и издръжливостта на коремната мускулатура при третия. Въпреки липсата на тренировки в зала, тренирането на тези мускулни групи се оказва възможно и в домашни условия, когато изпълняващият е отговорен. В два от тестовите (скок дължина от място и совалка) въпреки че няма статистически значима разлика, резултатите са по-ниски при второто изследване. И двата теста са свързани със сила и издръжливост на долни крайници и вероятно тренирането им е било затруднено в домашни условия. При останалите тестове има слабо повишение, но без статистическа значимост. Този резултат вероятно се дължи на факта, че при достатъчна мотивираност на гимнастиците и контрол от треньора е възможно поддържане на добро физическо ниво, което е от значение за успешното провеждане не само на техническите тестове, но и на тренировките като цяло.

Последната таблица 10 разкрива средната стойност и стандартното отклонение при двете таргетни групи по всички измервани технически показатели, като при три от показателите има статистически значима разлика,  $p < 0.05$ , тези със \*.

При момчетата промените в резултатите от техническите тестове не са статистически значими. Наблюдават се обаче известно намаление на средните оценки в три от тестовите: 20 метра бягане под 3 сек., задни салта от място и катерене на въже за време. Липсата на тренировки в зала, където могат да се изпълняват последните две упражнения се отразява и на резултатите при изследването. При четири от тестовите момчетата леко повишават своите резултати (статистически незначими разлики при 4-ри технически показателя). Изпълнението на упражненията от тези технически тестове способстват за подобряването на сила и издръжливост на някои мускулни групи като горни, долни крайници и

коремна мускулатура, които в домашни условия могат успешно да бъдат тренирани.

*Обобщените резултати* от изследването показват, че въпреки сложената обстановка момчетата са подобрили значително показателите си в три от тестове (Wilcoxon signed rank test), докато при момичетата няма статистически значима разлика, т.е. те успяват да поддържат само своето физическо и техническо състояние.

При покриване на норматива в съответната възрастова група гимнастиците получават максимален брой точки 50. Няма гимнастик, участващ в това изследване, който да е получил максимален брой точки при изпълнение на всички технически задачи. Това се дължи главно на две причини. Първо, някои от гимнастиците в изследвания период преминават в друга възрастова група, където изискванията за получаване на максимален брой точки са по-високи. И, второ, липсата на тренировки в зала, затруднява усъвършенстването на техническите елементи и рефлектира върху получените резултати.

### **Заклучение**

Опитът с ограниченията по време на „K19“ изисква от състезателите по гимнастика да насочат усилия, а техните тренъори да приложат адаптирани стратегии съобразени с актуалните ситуации за овладяване на спортно-тренировъчния процес в нестандартни условия. Проведеното проучване ще е в помощ на физическата подготовка, като един от важните компоненти в спортната подготовка на гимнастиците и е основата, върху която се изгражда спортната техника. Чрез включване и оптимизиране периодично на тренировъчни програми, ще бъде осигурена възможност за контрол на техническата и физическа подготовка на гимнастици и гимнастички не само в терени, но и в домашни условия при нужда.

## Изводи

Анализът на регистрираните резултати ни позволяват формулирането на следните **научни изводи**:

- В антропометричните показатели се наблюдават статистически значими разлики едва след период от 18 месеца (при третото измерване);
- При гимнастиците с по-голяма мускулна маса, ИТМ (при първо изсл.  $\pm SD$  е 1,97 и при третото  $\pm SD$  е 2,08) не дава адекватна оценка за теглото и физическото развитие. Останалите изследвани лица запазват ниския процент телесни мазнини (при първо изсл. 10,50%, а при трето 12,46%), който остава почти непроменен през изследвания период, което се дължи на активността им и големия енергоразход по време на натоварване;
- Мезоморфният тип е типът, който е характерен при гимнастици и от соматоскопското изследване ясно се вижда, че изследваните лица имат силно изразен такъв;
- Анаеробният капацитет и анаеробната мощност при 1-то изследване средните стойности на гимнастиците са 164.24 W, при 2-то 269.37 W, а при 3-то 282.05 W се увеличават в зависимост от вида натоварване и разработения модел с двете иновативни програми (в зала и в домашни условия), които са с приложно доказана ефективност и дават възможност за оптимизиране на тренировъчния процес в спортната гимнастика.
- Тестът за вертикален отскок (Сържант тест) дава представа за мощността на долни крайници на гимнастиците. Въпреки че са повишили теглото си, височината на отскока е останала относително постоянна величина, но което показва повишена мощност (при 1-вото 947 W, при трето изследване 1143.12 W);
- Големите концентрации на лактат в кръвта (Уингейт тест) показват положителни адаптации за работа на мускула при краткотрайни, но високо интензивни натоварвания;
- Колебанията на средната HR показва, че гимнастическият модел е със средна интензивност. Това означава, че спортистите могат лесно да поддържат СЧ по време на тренировка и могат бързо да възстановят СЧ след всяко упражнение.
- Предложен е концептуален по структура и по съдържание авторски МОДЕЛ от две програми в теренни и домашни условия, които повлияват положително физическите и техническите качества на гимнастиците.

## Препоръки

- За да се гарантират високи спортни резултати е необходима адекватна реакция от треньорите при организиране на тренировъчния процес по спортна гимнастика (прилагане на адаптационни програми, както в теренни, така и в домашни условия), като е необходимо да се има предвид възрастовите особености и нивото на индивидуална физическа дееспособност на гимнастиците и спазване Наредбата от БФГ;

- Чрез установените тестове се препоръчва да се извършва периодично проследяване на анаеробните способности, сърдечната честота, антропометричните и соматотипни показатели преди и след тренировка за регулация на тренировъчните натоварвания. Техническите тестове е препоръчително да бъдат включени в годишния тренировъчен график на треньорите, което ще даде възможност за периодично точково оценяване на състезателите за срочна и периодична оценка по отношение на техническите качества на момчетата и момичетата по спортна гимнастика.

- Авторският модел е приложим и може да намери място в годишния тренировъчен процес по спортна гимнастика, който е доказал своята ефективност (**4 години**) в периода януари 2019 до март 2023 година.

## Научни приноси за теорията и практиката

- За пръв път е изследван широк спектър от функционални показатели при гимнастиците в теренни и домашни условия, което разширява познанията в тази област и дава база за сравнение на последващи по-задълбочени научни изследвания;
- За пръв път се прави опит за системен анализ на промените в спортно-техническите умения на гимнастици и гимнастички чрез иновативни подходи;
- Доказани, чрез голям брой обективни индикатори са съдържанието и ефективността при въздействие на персонализиран авторски модел (чрез средствата на две програми), които са съобразени и отговарят на общите изисквания и индивидуални възможности на състезателите, като предлагаме **видео клипове** на включените комплекси от упражнения, което гарантира ефективността им и адекватното обучение на гимнастици и гимнастички в спортната гимнастика.



## СПИСЪК НА НАУЧНИТЕ ПУБЛИКАЦИИ ВЪВ ВРЪЗКА С ТЕМАТА НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

1. **Александър Марков**, Татяна Дзимбова (2019). Проследяване на сърдечната честота по време на тренировка по гимнастика. Спорт и наука, Извънреден брой, 300-305.
2. **Александър Марков**, Татяна Дзимбова (2020). Влияние на пандемията от COVID-19 върху състав на тялото и соматотип на гимнастици. 12-та международна научна конференция Съвременни тенденции на физическото възпитание и спорта, проведена в СУ “Климент Охридски“ на 06.11.2020 г. (онлайн), 381-386.
3. Радост Василева, **Александър Марков** (2019). Спортна техника и техническа подготовка. Сборник с доклади от 20-та студентска научна конференция на Факултет „Обществено здраве, здравни грижи и спорт“, Катедра „Спорт“, стр. 65-74.
4. Радост Василева, **Александър Марков** (2019). Контрол на тренировъчния процес. Сборник с доклади от 20-та студентска научна конференция на Факултет „Обществено здраве, здравни грижи и спорт“, Катедра „Спорт“, стр. 82-91.
5. **Александър Марков** (2019) Нови тенденции в тренировъчния процес на елитни гимнастици. Спорт и наука, Извънреден брой, 152-158.



**SOUTHWEST UNIVERSITY *NEOFIT RILSKI***

**FACULTY OF PEDAGOGY**

**Aleksandar Georgiev Markov**

---

**IMPACT OF ARTISTIC GYMNASTICS  
TRAINING  
ON THE FUNCTIONAL PARAMETERS  
AND SPORT AND TECHNICAL SKILLS  
OF MALE AND FEMALE GYMNASTS**

---

**ABSTRACT**

of a dissertation for acquisition  
of educational and scientific degree of *Doctor*  
Doctoral Programme: *Theory and Methodology of  
Physical Education and Sports*  
**Field 1.3 Pedagogy of education in .....**

**Supervisor:**

Dr. Irina Dimitrova Petkova – Nesheva, Ass.Prof.

Blagoevgrad, 2023

The dissertation titled *Impact of artistic gymnastics training on the functional parameters and sport and technical skills of male and female gymnasts* contains 133 standard typescript pages.

The dissertation is structured as follows: foreword; main text in three chapters; the fourth chapter contains conclusions, recommendations, scientific contributions to theory and practice, bibliography, list of scientific publications related to the work, and 4 appendices (one of which is on an electronic carrier). The main text is extremely well illustrated by 26 tables and 30 figures.

Citations of 214 literature sources are included, 201 of which are in Latin letters and 13 in Cyrillic letters.

The dissertation was discussed at a meeting of the Departmental Council of the Department of TMPE, Southwest University of Blagoevgrad, held on 28.02.2023.

#### **SCIENTIFIC COMMITTEE:**

1. Ass.Prof. Dr. Kremka  
Petrova
2. Prof. Bistra  
Dimitrova, DSc
3. Prof. Dr. Tsanko  
Tsankov
4. Prof. Dr. Atanas  
Georgiev
5. Ass.Prof. Dr. Daniela  
Tomova
6. Ass.Prof. Dr.  
Neli Tankusheva
7. Prof. Paris Parizov, DSc

**The official defense of the dissertation will take place at an open meeting of the Scientific Committee in Hall No.412 in Education Block – 1 of the Southwest University *Neofit Rilski*, Blagoevgrad, at 13.30 on 20.04.2023.**

## **FOREWORD**

The rapid development of modern sport, artistic gymnastics in particular, provokes many coaches and specialists to look for new approaches in practice, focusing their efforts on improving the training process management. The extensive introduction and use of video equipment and digitalization in sports, the application of a large set of sport-specific tests contribute to the development of various patterns and opportunities of finding new, more efficient models and methods in the training process.

The modern intensification and development of artistic gymnastics require continuous improvement of both training means of impact and various tests to control their efficiency. The sport activity in gymnastics requires overall manifestation of all physical qualities emphasising mostly on strength, flexibility and endurance. That can be achieved through targeted impact tailored to the capabilities of athletes (male and female), with consistency based on principles and logical interrelationship among the training load parameters.

Many authors report that modern artistic gymnastics requires greater strength and power due to the ever increasing technical difficulties demanded during revisions to the International Judging Regulations of the International Gymnastics Federation (Fédération Internationale de Gymnastique (FIG), 2009; Brooks, 2003; French, et al., 2004). FIG, the international governing body, reviews and updates the judging regulations every four years. Consequently, the demands made on gymnasts are constantly changing to suit the acceleration of modern adolescent generation (millennials, i.e. those born after the year 2000). The regulations had only three levels of difficulty: A, B and C, in the 1970s. In 2009, the regulations show not only an increase in the number of technical skills, but also eight levels of difficulty: from A to G. Exercises including E, F and G have higher starting values and difficulty of routines than the first A, B, C. Another level of difficulty, H, was added in 2020. Gymnasts are encouraged to master more difficult elements from an early age to provide a higher initial value that leads to a higher score to reach the highest levels of high sportsmanship in their teen age. It suggests that modern artistic gymnasts need to develop their anaerobic metabolism at an early age in order to present their potential and capabilities at the highest levels of technical aspect. Nowadays, it is common to see two-year-old children in an elementary gymnastics training programme. It usually takes about 10 years of training and competing to reach the elite level.

The introduction of the scientific approach is also necessary to improve the qualification of artistic gymnastics coaches to enhance the level of education in the training and sport and competition process.

The present work makes an attempt to study, summarize and systematize analytically, and assess the test patterns objectively by adequate, modern scientific methods related to physiology, education and training, and thus to facilitate the process of subsequent development of the sport and technical skills of men and women in artistic gymnastics.

We defined the main aspects in this paper on the basis of the literature review made and the available information base regards the sport and training process of the Bulgarian gymnasts. The studies conducted so far in the field of artistic gymnastics usually include quite a wide range of ages. As it is an individual sport, most countries do not have representative teams at a certain age. Often, gymnastics clubs in Bulgaria, especially in smaller towns such as Blagoevgrad, do not have a large number of athletes in the relevant age group.

*The main objective of this dissertation* is aimed at monitoring the impact of artistic gymnastics training on the functional parameters and sport and technical skills of male and female gymnasts over a period of 18 months. During that period the gymnasts had trainings in the gym and at home (6 months) due to the imposed full lockdown caused by COVID-19. That emergency situation put the coaches and athletes to the test and made them search for new approaches and challenges from the coaching team. The team took a decision in a short time, reacted appropriately and promptly in the situation and offered their gymnasts an alternative methodology of training in the gym. A training plan was prepared for all training gymnasts, and control was carried out in a timely manner using modern information tools.

In order to monitor the functional parameters, the gymnasts included in the study were subjected to different methods in the field (hall), including anthropometric measurements, somatotype determination, Wingate and Sargent tests for anaerobic capacity determination, as well as heart rate monitoring during training. Glucose and lactate concentrations after the anaerobic capacity and Wingate tests were also monitored.

Technical and physical tests were made to monitor the efficiency of the implemented home training (within 6 months). The sporadic scientific data about heart rate during training was informative and basic, which provoked our study and directed our attention to the tracking of that parameter in the training process. Thus the coaches are able to analyze the training intensity helping them out to modify it in order to achieve better performance in the sport and training process. That also allows for an individual approach to each gymnast depending on his/her individual cardiac response to the respective type of training load.

The gymnasts' technical skills were found to be impaired by that interruption in the training schedule. The lack of indoor training did not favour the development of technical skills, despite the observations on the gymnasts that they retained them for a period of time. Indoor training is critical for maintaining the gymnasts' high athletic fitness and proper development.

This dissertation presents an attempt at a focused study of gymnasts' functional performance in a gym over an 18-month period. It can reasonably be argued that this author's work has an innovative approach, it is unique for Bulgaria and emphasizes on results of important physiological studies, also on specific methodologies applied in

field and home conditions, and it concerns aspects in the gymnasts' sport and technical skills. The above shows that the coach can get feedback with valuable information on the impact of training on the gymnasts' development by tracking these parameters. The results obtained can guide the coach to changes in the training schedule, training loads of both all gymnasts and each one individually. Such kind of study refers to the individual approach of training load in order to enhance certain parameters, improve certain qualities and last but not least proper rapid recovery.

## CHAPTER ONE. FORMULATION OF ISSUE

### Importance of the topic

The importance of the dissertation topic is related to establishing the influence of training loads of artistic gymnastics in the gym and at home on the functional reserve and sport and technical qualities, skills and competencies of gymnastic athletes.

Studying the body energy provision through various test batteries by fields in training and competition conditions is of utmost importance, since both the high development of motor qualities and the ratio of aerobic and anaerobic energy provision in the sport and training process play an essential role in achieving high sports results in gymnastics.

**CHAPTER ONE** provides a theoretical overview of the general characteristics and energetics of artistic gymnastics. Issues concerning aerobic, anaerobic metabolism - metabolic thresholds, gymnasts' power are addressed. Features of female gymnasts' body composition compared to artistic swimming athletes are analyzed theoretically, energy consumption, cardiac response during gymnastic exercise and blood lactate measurement are analyzed. The effects of training and competition (scope, intensity) are considered as well as the main characteristics of training load as scientists prove the existence of "...a critical zone of effort, which is defined as the most efficient and closest to the working conditions in a competitive environment..." (Dimitrova B.,2013), the principles and specific physical, technical and physiological assessments in gymnasts.

In *summary*, the global ban related to (COVID-19) in 2020 changed dramatically not only the sports sector, but also the attitudes of athletes, competitors and their parents - a historic time for awareness of the importance of factors for the health status of the adolescent generation and young people, for the development of sportя in general, and artistic gymnastics in particular.

We are convinced that clarifying the issues through empirical research in this dissertation will lead to the choice, selection and application of the best practices in the training process on an annual basis for sport achievements and utmost performance in competitions. We suggest that it is possible to develop the gymnasts' excellent sport and technical qualities under the influence of focused training activities in the gym and it is also possible to perform the sport and training process in conditions other than attending field training by applying an innovative approach to training at home as per an established schedule when lockdown is imposed. The rationale for that is provided to us by the analysis of the parameter data obtained from the anaerobic capacity tests, the heart rate values measured during exercise, the blood lactate concentration upon max loading, as well as the details of the gymnasts' body composition and somotype, all data analyzed in Chapter I.

### **Working hypothesis**

**The main research thesis** of the dissertation is based on the positive attitudes of sustainability associated with the gymnasts' training profile established with unchangeable principles, training load content, recognized traditions and programmes. Derived from the information sources analysis and based on the experience of the best specialists (foreign and national), we came to the opinion that the research on the impact of artistic gymnastics training activities on the functional reserve and sport and technical skills of gymnasts (men and women) is informative and diverse.

The dissertation highlights an innovative approach being an attempt at a proprietary model based on the researchers' empirical experience regarding physiological and technical test set.

*The practical application of an innovative proprietary model in a gym and in home influences the physical qualities and sport and technical skills of male and female gymnasts successfully.*



## **CHAPTER TWO. STUDY OBJECTIVE, TASKS, ORGANISATION AND METHODOLOGY**

### **Nature of the study**

This dissertation monitors any changes in the growth and development, as well as functional abilities of adolescent male and female gymnasts over a period of 18 months for the purpose of the training impact assessment. The main data to guide us will be the results obtained from the anaerobic capacity tests, heart rate values during exercise, blood lactate concentration upon maximum loading, as well as the body composition and somatotype details. The period of the study was critical as the world was caught in an epidemic emergency situation that affected all life activities including sports. The inability of carrying out normal training activities in certain periods necessitated the application of an innovative approach to training by introducing scheduled home workouts. Nevertheless the problems known, the study ended with success and many conclusions were drawn.

**CHAPTER TWO** includes the study object, subject, objective and tasks, scope, contingent, organization, innovative proprietary model, methodology and methodological tools of the study.

**The object** of the study is the sport and training process of gymnasts in a gym and in COVID-19 conditions over a period of 18 months.

**The subject** of the study are any changes in the gymnasts' morphological and functional parameters.

**The objective** of the study is to prove the efficiency of a developed proprietary model of two programmes in the field and at home with the means of testing tools to improve the gymnasts' physical and sport and technical skills in artistic gymnastics.

In order to achieve the objective and verify the working hypothesis, the empirical study is focused on the implementation of **specific tasks**:

- To summarize and analyze a large quantity of literature and internet sources relevant to the problem being studied;
- To measure and monitor the body mass and somatotype parameters;
- To perform Wingate and Sargent tests;
- To monitor heart rate during exercise;
- To perform comparative analysis of parameters: anaerobic power, heart rate, blood lactate concentration;
- To develop and appraise in practice an innovative approach for testing tools in the gym and at home in the context of the training process;

- To monitor any changes in the parameters on the gymnasts' functional profile and derive characteristics of functional ability in training conditions related to the performance of technical tests;
- To draw conclusions based on the research and assessment completed, and make recommendations for practice.

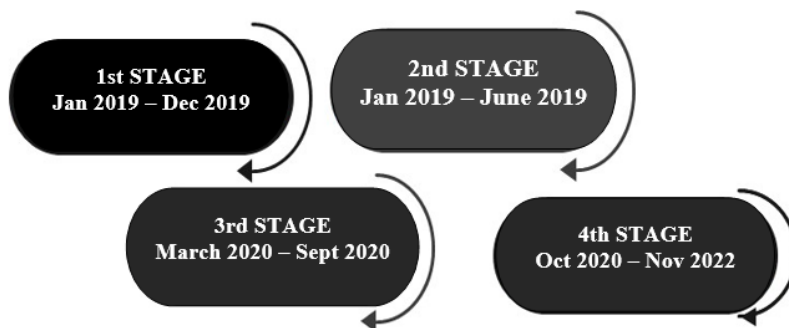
**The scope** of the study includes:

- Measurement of anthropometric parameters and body composition;
- Determination of somatotype profile;
- Measurement of anaerobic capacity;
- Measurement of lower limb explosive force;
- Assessment of workload by determining the levels of glucose and lactate in the blood;
- Measurement of pulse rate dynamics;
- Impact of training loads on the gymnasts' technical skills;

**The contingent** of the study are 22 (girls and boys) artistic gymnasts from GSC *Pirin*, Blagoevgrad, studied through test-retest by **594 identifiers**.

Gymnasts of various age groups, being available contingent of GSK Pirin-2011, participated in the study. The participants' age range is wide: from 7 to 18 years at the beginning of the study, and in height index respectively: from 120 to 170 cm as follows: 8-10 years old junior girls and boys, 10-12 senior boys and girls, 12-14 years old junior girls, and 14-16 senior girls; boys: juveniles junior 12-14, and juveniles senior from 14-16, 17-years old youths, and 18 men; girls: 17-years old cadet girls, and 18 women. The participants were asked to abstain from exercise, food, and fluid intake prior to the study. Each participant in the study and his/her parents were informed of the study objectives and methods and signed a declaration of informed consent (Appendix 1a and 1b), and the study was approved by the scientific research ethics committee of SWU *N. Rilski*, Blagoevgrad. The being studied visited the Center for Functional Research in Sport and Kinesitherapy at the same university three times, where anthropometric measurements were done and all tests were performed.

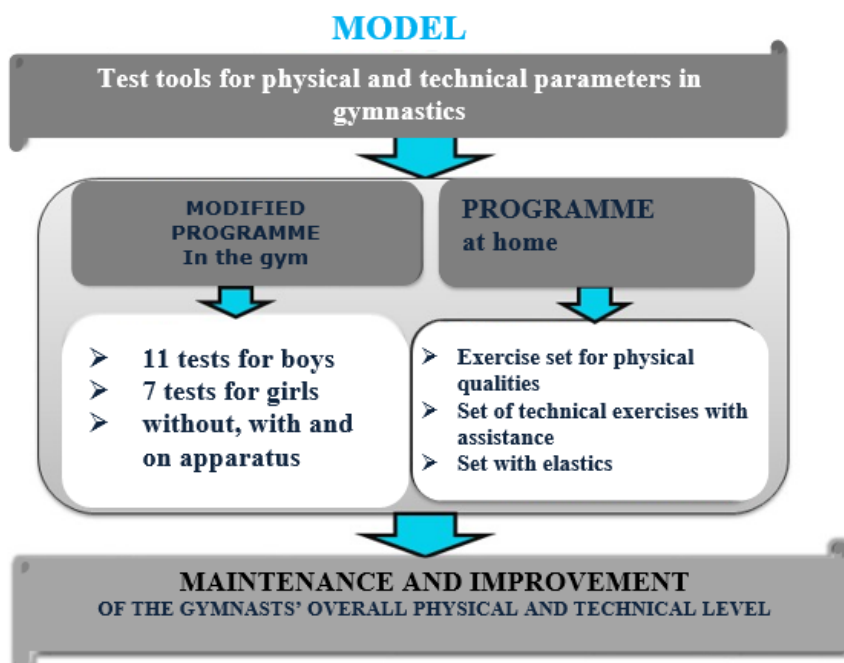
**The organization** of the study proceeds in four stages (Fig.1):



**Figure 1 . Study period: 18 months**

### **Innovative proprietary model**

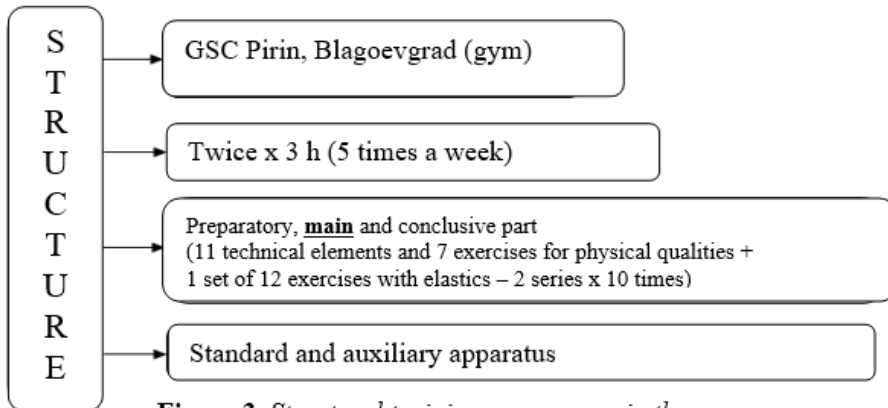
An innovative approach being an attempt at a proprietary model is highlighted in the dissertation. It includes two programmes (Fig.2). A modified indoor programme based on the Hadzhiev's Unified Programme (1970) is reduced, improved and adapted for both genders - boys and girls, according to the specialized training of the athletes, while the programme for domestic conditions is entirely proprietary.



**Figure 2. Innovative proprietary model**

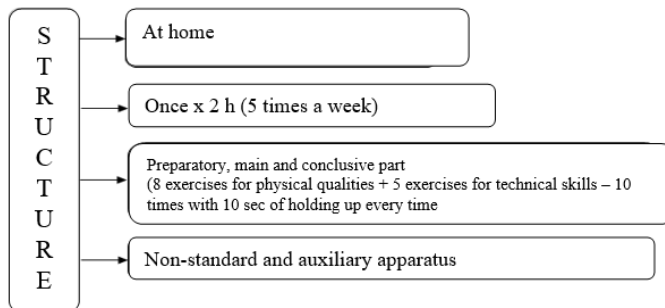
**The structures** of the two programmes are similar but different in content. They cover components specific to the working conditions. They are presented in Figures 3 and 4.

## STRUCTURE OF THE TRAINING PROGRAMME IN THE GYM



**Figure 3.** Structural training programme in the gym

## STRUCTURE OF THE TRAINING PROGRAMME AT HOME



**Figure 4.** Structural training programme at home

## TRAINING SET OF EXERCISES FOR PHYSICAL QUALITIES IN THE GYM

1. Jump to arch body position from lying on back position – 2x10 times
2. From starting position (s.p.) occipital lying, bending and straightening of hip joints for abdominal muscles – 2x10reps.  
2.1 hold – 10 sec.
3. Swings for abdominal muscles with stretched out limbs – 2x10reps.

4. Exercise for back muscles or S.P lying – lifting upper and lower limbs at the same time – 2x10reps.
- 4.1 hold – 10 sec.
5. Bending and straightening of the arms in pushup position – 2x20reps.
6. Squat and jump on both legs from standing still position – 2x10reps.
7. Plank – 60 sec. hold.
8. From S.P occipital pushup position changing the weight from left to right arm– 2x10reps.      **8.1. Hold** – 10 sec.
9. From occipital lying position ,arch jump, jump with a 180° turn– 2x10reps

### **SET WITH RESISTANCE BANDS IN THE GYM**

The set includes upper limb strength exercises. It has a combined effect and includes 12 exercises of two sets of 10 repetitions for each exercise. Short rest between sets - 3 min.

1. S.P. occipital standing front of an assistive equipment – posterior transverse circles – 2x10reps;
2. S.P. right/left lunge, resistance bands to the side – retract and open– 2x10reps;
3. S.P. right/left lunge. resistance bands above– triceps extension- 2x10reps;
4. S.P. occipital standing, resistance bands behind – press forward and back to start position - 2x10reps;
5. S.P. occipital standing, resistance bands down – bending and straightening for biceps - 2x10reps;
6. S.P. standing, resistance bands down-forward – press forward and back to start position for triceps - 2x10reps;
7. S.P. open legs standing, resistance bands forward – open arms sideways and close to start position - 2x10reps;
8. S.P. open legs horizontal lean, resistance bands forward – привеждане и отвеждане left/right arm between lower limbs- 2x10reps;
9. S.P. horizontal lean, resistance bands above – open and close arms sideways;
- 10.S.P. horizontal lean, resistance bands sideways – press down and back to start position - 2x10reps;
- 11.S.P. standing, resistance bands forward – biceps curls - 2x10reps;
- 12.S.P. open legs standing, resistance bands down-forward– lift up and take down - 2x10reps.

***The demonstration of a set with elastics is presented on DVD.***

### **TRAINING SET FOR PHYSICAL QUALITIES AT HOME**

1. Squat and straight jump – 1x10reps.

2. From s.p. bendet occipital lying position, arms forward , crunches for abdominal muscles – 1x20 reps.
- 2.1 hold in bendet occipital lying position – 20 sec.
3. Exercise for back muscles – lifting the torso and lower limbs together – 1x20reps.
  - 3.1. hold– 20 sec.
4. pushups(with wide and narrow hand support) – 2x40reps.
5. Occipital elbow support – hold 60sec.
6. From standing, squat and straight jump from lower limbs -10 times.
7. L support – hold 2x20 sec.

### **TRAINING SET OF AIDED TECHNICAL EXERCISES AT HOME**

1. Handstand – pushups – 1x10repr.
2. Handstand hold – 2x30 sec.
3. Pressup to handstand between two chairs 1x7reps.
  - 3.1 Hold in L support for 10 sec.
4. From S.P. L support, V sit between two chairs with help– 1x7reps.
5. Pressup to handstand from tradle leg suppurt on one chair– 1x7reps.
  - 5.1Handstand hold 10 sec..
6. From s.p. V sit with legs horizontal , lifting the torso up to handstand – 1x5reps.
7. Forword roll to stradle leg support, pressup to handstand– 1x5reps

*The elastics set of 12 exercises can also be used at home –*

*2 times of 10 repetitions for each exercise.*

*In summary*, the sets for physical and technical qualities in artistic gymnastics are an important aspect of the gymnasts' training. These programmes include a variety of exercises to measure endurance, strength, and flexibility, as well as technical elements that assess the gymnasts' skills and technical abilities. The physical and technical training is a part of every gymnast's training plan, and the application of testing tools gives coaches assessment and feedback to identify their strengths and weaknesses so they can properly guide the training process in the right direction.

### **Methodology of the study**

The methodological basis of this study has a combined approach between quantitative (theoretical analysis of literature sources) and qualitative statistical methods (Mann Whitney test, Wilcoxon signed rank test and Friedman test, and the correlations between variables are determined by calculating the Pearson's coefficient).

Descriptive statistics are applied to calculate means and standard deviations of all variables.

The experimental data is presented in two ways:

- 1) as mean  $\pm$  standard deviation (SD);
- 2) as individual values for each gymnast.

Graphical analysis using the programme GraphPad Prism (Ver 3.0) is used to illustrate the studied information.

### **Methods of the study**

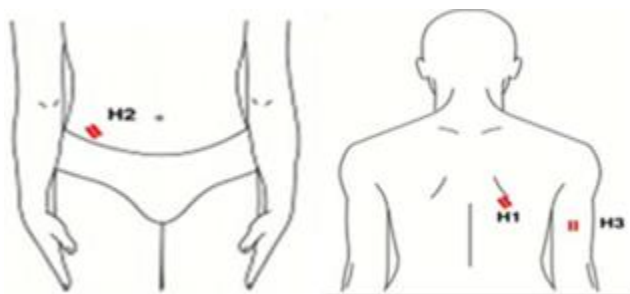
1. Theoretical analysis of literature sources;
2. Anthropometry;
3. Somatotyping;
4. Cycle ergometry (Wingate test);
5. Lower limb muscle power assessment (Sargent test);
6. Biochemical blood analysis (glucose and lactate);
7. Pulse oximetry;
8. Testing (test-retest);
9. Statistical data analysis.

### **Determination of body composition**

The determination of body composition is performed with the **Body Composition Analyzer, model IoI 353**. The device presents not only analysed body composition results but also energy consumption. The participants in the study were dressed in the lightest clothing possible and barefoot during the measurement. From the results obtained, the body mass index (BMI), Soft Lean Mass (SLM), were used which define approximately the muscle mass, fat mass and body fat percentage.

### **Determination of somatotype**

Somatotyping in the present study is conducted using the **Heath-Carter** method. It consists of measuring the following variables: 1) measuring the values of the following parameters: three skin folds; width of femur and humerus; circumference of the armpit and the lower leg; height and weight; 2) calculating the data and obtaining a numerical coefficient for each type of somatotype; 3) plotting the values on a somatogramme and determining the somatotype profile of the person studied. According to the methodology, somatotype determination is done by calculating individual somatotype indices, and the visualization is made by plotting the X- and Y-values on a somatogramme (fig.5).



**Fig. 5**

### **Wingate test**

The test is conducted with a **Monarch 828 E cycle ergometer**. A cycle ergometer with software is included in the system. The test typically involves 30 seconds of maximum load on either the arm or leg. The testing device is a mechanical cycle ergometer. After a 5-minute warm-up including also sprinting at different loads, the person being studied gets off the bike for a three-minute recovery or continues to pedal but very slowly. The test starts with pedalling to maximum speed without any additional load. When the maximum pedalling speed is reached, a fixed weight is applied which weighs 7,5 % of the weight of the person being tested. The pedalling with that weight lasts for 30 seconds, the aim being to maintain maximum pedalling speed, maximum power respectively. After the end of the test, the maximum power (Peak Power) is determined for 5 sec. The Relative Peak Power is determined by dividing the Peak Power by the weight of the tested person. The device also allows the average power to be determined for 30 sec.

### **Sargent test**

The Sargent test (Sargent, 1921), also known as the vertical rebound is suitable for monitoring the development of lower limb explosive strength. The test is easy to perform as the equipment is extremely accessible. A wall, a centimeter, and a marker are required. The person being tested warms up about 5-10 minutes. He stands next to the wall and stretches his arm, and the position of the stretched out arm is noted in cm (M1). Then, from a static position, the tested person bounces up as high as possible, again reaching out his arm and touching the wall (M2). Three consecutive bounces are made and the highest score is taken. The difference between M2 and M1 is determined in cm.

Both vertical rebound height and peak power are used in the analysis of the test results. Peak power is calculated using Sayers equation as it includes the tested person's weight. The vertical jump height is converted to power units.

**Sayers's formula** (Sayers, et al., 1999):

$$\text{Peak power (W)} = 60.7 \times \text{VJ (cm)} + 45.3 \times \text{mass (kg)}$$



### **Determination of glucose and lactate in the blood**

The measuring is performed by a **biochemical analyzer BIOSEN C Line** manufactured by the German company EKF Diagnostic. The determination of glucose and lactate in the blood is based on electrochemical measurement by a chip sensor. The reference limits for normal glucose and lactate concentrations are: for glucose - 3.9 mmol/l - 5.5 mmol/l, for lactate - up to 2.0 mmol/l.

### **Monitoring heart rate during workout (pulse oximetry)**

During the workout, the gymnasts' heart rate (HR) is recorded by **active PULS** manufactured by the German company MEDION AG. The device can measure in the range of 30-240 beats per minute. Each set of the device is pre-programmed for the respective tested person. Programming includes settings up of gender, age, height, weight. Athletes are instructed to turn their watch to chronometer mode prior to the start of the training session and to turn it off at the end of the workout. Heart rate is measured during the training session and the data is analyzed later in the laboratory. The device allows to determine the minimum and maximum heart rate during the workout and the average heart rate for the whole workout.

### **Test tools**

To assess the gymnasts' physical and technical skills, 11 modified tests were performed for boys and 7 for girls.

#### **A. Technical and physical tests for boys (50 points each)**

Test 1. press up to handstand on the bars – 15 times

Test 2. Long jump from standing still position – 3 m

Test 3. /Shuttle run/ – 180 sec

Test 4. Scissors kicks to the left and to the right on a pommel horse – 2x20 times Test 5. occipital lying , arch jump – 15 times for 15 sec

Test 6. Giant swing backwards on the horizontal bar with a 180° turning – 30 times

Test 7. Somersaults backwards from standing still position on teh gymnastics floor – 15 times for 15 sec

Test 8. L support on the rings – 60 sec

Test 9. Raising the legs up the gymnastics wall – 40 times Test 10. Circles on the mushroom – 50 times

Test 11. Swing to handstand on the bars – 60 sec

#### **B. Technical and physical tests for girls (50 points each)**

Test 1. Squat, support, squat, staight jump – 15 times for 15 sec

Test 2. Gliden kip on uneven bars – 20 times

Test 3. 20 m sprint with chronometer – 3 sec

Test 4. Somersaults backwards from standing still – 10 times for 15 sec

Test 5. Press up to handstand from stradle leg support – 15 times

Test 6. Handstand hold on teh gymnastics floor or on the beam – 60 cek.

Test 7. Rope climbing – 10 sec

The assessment at testing male and female gymnasts is a process of measuring their skills timed, in numbers or in meters.

The assessment point system (Table 1) is a method of assessing the quality of performance of specific items/exercises by giving points for each of them. The marks are given on the basis of certain criteria which are standardised.

**Table 1.** Assessment point system

<b>Assessment point system</b>	<b>NUMBER OF POINTS given for each exercise</b>		
	<b>7p.</b>	<b>25p.</b>	<b>50p.</b>
	<b>Minimum</b>	<b>Average</b>	<b>Maximum</b>

The maximum number of points is determined separately for boys and girls by multiplying 50p. by the number of exercises performed for (boys 50x11), for (girls 50x7).

**GRADES:**

**Excellent** – maximum points for boys 550 points, for girls 350 points.

**Very good** – boys 500 points, girls 300 points.

**Good** – boys 450 points, girls 250 points. **Average** – boys 350 points, girls 150 points.

**Poor** – boys 300 points, girls 100 points.

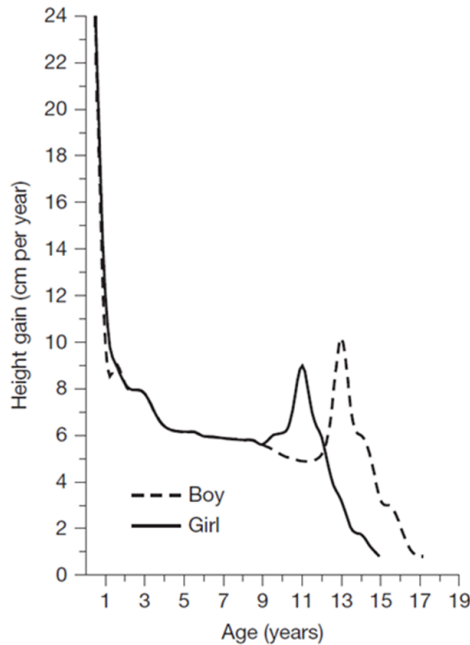
## CHAPTER THREE. RESULTS AND ANALYSIS

The tests included in this dissertation covers a period of 18 months with 594 parameters tested. **Three measurements were taken:** at the beginning of the study, one year after the beginning of the study and 18 months after the beginning of the study. Twenty-two athletes took part in the measurement at the beginning, some of whom did not continue in subsequent tests due to a number of reasons. That though did not prevent us from accomplishing the objective set by us and completing the specific tasks and inferring certain relationships. In a country like Bulgaria and a small town like Blagoevgrad, there could not be a large number of athletes (gymnasts) from different age groups, which makes the study not easy, and the contingent being studied extremely diverse in terms of age parameter.

The main focus of chapter three is on:

### **Analysis of anthropometric data and body composition of the gymnasts tested**

**Three body composition measurements** were performed. Only 9 gymnasts out of 22 gymnasts participated in all the three studies, who were aged  $10.11 \pm 1.96$  years, height  $140.11 \pm 12.37$  cm, weight  $35.48 \pm 9.68$  kg in the first study; aged  $11.11 \pm 1.96$  years, height  $145.22 \pm 11.21$  cm, weight  $38.77 \pm 9.31$  kg in the second study; and aged  $11.78 \pm 2.33$  years, height  $147.17 \pm 11.58$  cm, weight  $41.37 \pm 10.58$  kg in the third study. Statistical analysis of the data obtained was performed and it was found that there was a statistically significant difference in height between the first and third study (Friedman test,  $P < 0.001$ ), in weight between the first and third study (Friedman test,  $P < 0.001$ ), in muscle mass between the first and third study (Friedman test,  $P < 0.01$ ), and in BMI between the first and third study (Friedman test,  $P < 0.05$ ). One notes the low percentage of fat in the studied athletes, which did not change during the study period (Fig. 6). Another important finding is the fact that over a 1-year period, where the first two studies were conducted, the subjects showed no statistically significant differences in anthropometric indices, despite being at an age of active growth and development. The differences only become noticeable after a period of 18 months (at the third measurement).



**Figure 6.** Typical individual height-age curves for boys and girls. (based on data by Malina et al., 2004)

As it can be seen in Figure 6, the persons tested are at the age of the second more intense increase in height which occurs between 11 and 18 years (Malina et al., 2004; Genc & Cigerici, 2020) In our opinion, in terms of anthropometric parameters, it is expected that the largest differences after one year will be in the second measurement. That did not happen, and it is obvious from the results obtained that the differences are statistically significant only after an 18-month period of measurement.

Table 2 presents the numerical values of the study contingent – male and female gymnasts, in terms of anthropometric data in three measurements in a monthly range - January 2019, January and June 2020.

**Table 2.** Anthropometric data of the persons tested in the three measurements**A – January 2019**

Code	Age (years)	Height (cm)	Weight (kg)	Fat (%)	Fat (kg)	Lean body mass (kg)	Muscle mass (kg)	BMI (kg/m <sup>2</sup> )
G2	8	128	27.4	6.9	1.9	25.5	23.9	16.7
G3	12	155	50.2	15.7	7.9	42.3	39.4	20.9
G4	10	143	40.2	11.4	4.6	35.6	33.2	19.7
G5	10	143	36.2	8.8	3.2	33	30.9	17.7
G9	12	149	40.5	17	6.9	33.6	31.2	18.2
G11	10	128	25.7	5.4	1.4	24.3	22.8	15.7
G12	7	125	22.6	11.5	2.6	20	18.7	14.5
G13	13	158	46.7	11.8	5.5	41.2	38.5	18.7
G17	9	132	29.8	6	1.8	28	26.3	17.1
Mean	10.11	140.11	35.48	10.50	3.98	31.50	29.43	17.69
±SD	1.96	12.37	9.68	4.11	2.37	7.64	7.08	1.97

**B – January 2020**

Code	Age (years)	Height (cm)	Weight (kg)	Fat (%)	Fat (kg)	Lean body mass (kg)	Muscle mass (kg)	BMI (kg/m <sup>2</sup> )
G2	9	135	30.1	6.3	1.9	28.2	26.4	16.5
G3	13	159	49.2	12.6	6.2	43	40.2	19.5
G4	11	151	45.3	10.8	4.9	40.4	37.7	19.9
G5	11	148	38	8.4	3.2	34.8	32.6	17.3
G9	13	151	47.9	24.6	11.8	36.1	33.4	21
G11	11	132.5	28.8	8.3	2.4	26.4	24.7	16.4
G12	8	133	27.9	14	3.9	24	22.4	15.8
G13	14	161	49.7	20.3	10.1	39.6	36.7	19.2
G17	10	136.5	32	5.6	1.8	30.2	28.3	17.2
Mean	11.11	145.22	38.77	12.32	5.13	33.63	31.38	18.09
±SD	1.96	11.21	9.31	6.45	3.62	6.74	6.24	1.84

## C – June 2020

Code	Age (years)	Height (cm)	Weight (kg)	Fat (%)	Fat (kg)	Lean body mass (kg)	Muscle mass (kg)	BMI (kg/m <sup>2</sup> )
G2	9	137	30.4	3.6	1.1	39.3	27.5	16.2
G3	14	163	56.8	15.5	8.8	48	44.7	21.4
G4	11	155	50.6	12.3	6.2	44.4	41.5	21.1
G5	12	150	42.3	8.7	3.7	38.6	36.1	18.8
G9	14	151	47.9	24.6	11.8	36.1	33.4	21
G11	12	134	30.4	9.9	3	27.4	25.6	16.9
G12	8	135	30.4	14.1	4.3	26.1	24.3	16.7
G13	15	162	50.9	19.1	9.7	41.2	38.3	19.4
G17	11	137.5	32.6	4.3	1.4	31.2	29.3	17.2
Mean	11.78	147.17	41.37	12.46	5.56	36.92	33.41	18.74
±SD	2.33	11.58	10.58	6.79	3.80	7.47	7.24	2.08

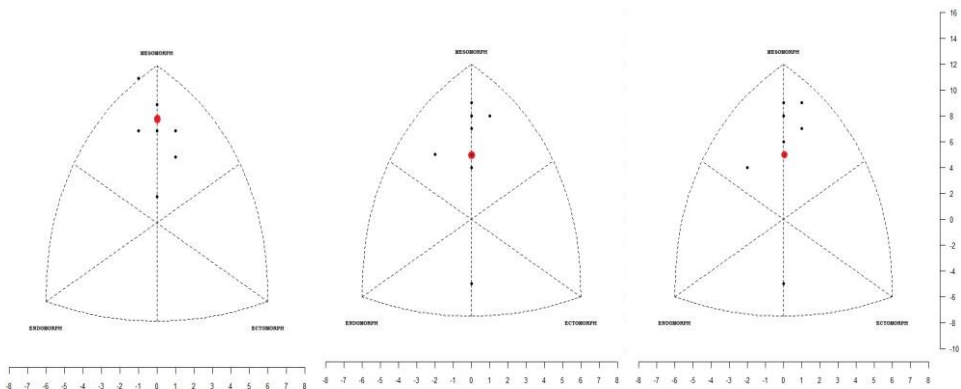
The study shows that the group is not homogeneous in terms of height and weight, as this is the age where most differences normally occur, and BMI varies the least. Although the gymnasts are generally thin and they have a low body mass index, it is striking that it increases with age, and it is due to an increase in both muscle mass as a result of training and the percentage of fat body mass, although there is no statistically significant difference in the three measurements. If at the beginning of the study the mean of body fat percentage is  $10.50 \pm 4.11\%$ , 18 months later it is  $12.46 \pm 6.79\%$ . The values obtained for BMI and the body fat percentage even in the third measurement are comparable to those published in the literature for gymnasts in the same age group (Bale & Goodway, 1987; Markou, et al., 2004). That data suggests that artistic gymnastics training in the gym, and training at home, facilitate the increase of muscle mass and maintenance of a low body fat percentage.

### **Analysis of the somatotype profile of the gymnasts studied**

Out of the various criteria for studying the human body, the most reliable are those based on morphological features.

Grouped as somatotypes, they are readily available for testing, diagnosis and assessment. The various methods of somatotyping used enable an overall assessment of the body shape and structure of the gymnasts studied.

The somatotype study was **performed 3 times**. In all three, only 9 (nine) out of 22 subjects studied participated in the tests. The average somatotype varied 2.8-6.7-2.9 (in the first study), 2.7- 6.3-3.0 (in the second study) and 2.8-6.3-2.8 (in the third study), respectively.



**Figure 7.** Somatogrammes of the group studied in the three measurements (a) - January 2019, (b) - January 2020, (c) - June 2020; the red dot refers to the average somatotype)

One can see clearly in the general somatogrammes that the persons tested have a highly expressed mesomorphic type. The mesomorphic type is the type that is specific for gymnasts. Their somatotype varied little across the three measurements, and the sample of 9 persons tested may be representative of the entire team because the differences between their average somatotype and the average somatotype of all persons studied were insignificant. The analysis of the individual somatotype components in Table 3 shows that there is no statistically significant difference in the three measurements (Kruskal-Wallis test).

**Table 3.** Somatotype components of the persons studied in the three measurements.

Code	Endo			Meso			Ecto		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
<b>G2</b>	2.9	2.3	2	7.4	7.2	6.3	2.5	3.2	3.6
<b>G3</b>	3.7	2.5	2.9	6.9	5.5	5.6	2.2	3.2	2.5
<b>G4</b>	3.4	2.6	2.9	8.2	7.3	7.5	2.0	2.4	2.4
<b>G5</b>	2.9	2.7	2.9	6.6	5.7	6.1	3.1	3.6	3.0
<b>G9</b>	3.4	4.4	4.6	4.8	5.7	5.4	3.2	1.9	1.8
<b>G11</b>	2.4	2.9	2.5	6.9	6.9	6.7	3.2	3.1	2.8
<b>G12</b>	2.0	2.3	2.8	6.8	7.2	6.4	3.8	3.5	3.3
<b>G13</b>	2.2	2.8	2.8	5.4	5.4	5.4	3.5	3.5	3.4
<b>G17</b>	2.0	2.1	1.5	7.1	6.1	6.9	2.6	2.9	2.9
<b>Mean</b>	2.6	2.7	2.8	6.1	5.9	5.9	2.7	2.9	2.9
<b>±SD</b>	0.6	0.7	0.8	1.0	0.8	0.7	0.6	0.6	0.6

*1 – January 2019, 2 – January 2020, 3 – June 2020; Mean – mean value, ±SD*

There was a correlation between the fat percentage and mass measured with the endomorphic component, Pearson  $r=0.88$ ,  $p=0.002$  and  $r=0.83$ ,  $p=0.006$ , respectively, and between the body mass index and the ectomorphic component Pearson  $r=-0.73$ ,  $p=0.03$ . There was no correlation between the other anthropometric data measured and the somatotype components. It could be expected that when the gymnasts' muscle mass increases later, the values of the mesomorphic component would also increase accordingly. The negative correlation between BMI and the ectomorphic component means that the greater the BMI value, the smaller the ectomorphic component value is and vice versa. That correlation is logical since ectomorphy translates into low body mass, and an increase in BMI value indicates increasing body mass. The results of the anthropometric measurements showed that statistically significant differences in these indices were observed only after an 18-month period, nevertheless our expectations. Since the group of persons studied were at an age of rapid growth, we expected to see changes in the anthropometric indices after 12 months. The somatotype of the gymnasts, as expected, changed the least, with the main and desired change being the increase in the mesomorphic component which is related to the increase in muscle mass as a result of targeted training.

#### **Analysis of Wingate test results**



Gymnasts are often engaged in very intense activities with short duration instead of less intense and longer activities. In addition, most daily activities, games and sports require mostly short intense loading. Therefore, their anaerobic capacity seems to be an important physiological factor for children. As they are less anaerobic than adults, it is questionable whether to test their anaerobic capacity at all, however, it is relevant to athletes.

Currently, the Wingate anaerobic test under laboratory conditions with a cycle ergometer is recognized to be the gold standard for determining anaerobic capacity. During the test, the subjects tested pedal at constant resistance for 30 sec. The test conduct requires a combination of phosphoryl, glycolytic and aerobic power.

Peak power (PP) is determined by the ability of the muscle to produce short-term mechanical power (peak phosphoryl power), whereas mean power (MP) represents the glycolytic power of the lower limbs best. WAnT is proved to be reliable and valid for children and adolescents with various chronic diseases. Some authors suggest shortening the Wingate test with children and running it for 20 sec instead of 30 sec (Chia, Armstrong, & Childs, 1997), the rationale for that being that gymnasts work primarily in an aerobic mode even at high intensity loads.

*The test was conducted 3 times with the same and different gymnasts participating in the different tests for reasons having arisen.*

Twelve athletes participated in the **first and second tests**. The persons tested significantly increased their maximum power (Wilcoxon signed rank test, P value = 0.03) and minimum power (Wilcoxon signed rank test, P value = 0.0005) over that period, as well as their relative maximum power (Wilcoxon signed rank test, P value = 0.04) . However, that did not affect their anaerobic fatigue.

Seven subjects participated in the **second and third tests**. The test period coincided with the absence of normal training activity due to COVID-19 and it was also significantly shorter, no statistically significant differences were found in the maximum, minimum and relative maximum power, as well as the anaerobic fatigue.

A total of 6 gymnasts were involved in **all three tests**. There was a change across the three measurements in the four parameters monitored - maximum power (Friedman test, P value = 0.006) and minimum power (Friedman test, P value = 0.006), anaerobic fatigue (Friedman test, P value = 0.006) between the first and third measurement, and relative maximum power (Friedman test, P value = 0.006) between the first and second measurement. The results of that test show clearly that anaerobic power increases over time facilitated by targeted training.

The characteristics of athletes in sport disciplines are in result of selection and, on the other hand, the specific effects of the activities that the discipline produces, as argued by a number of authors (Čuk et al., 2007). Gymnastics requires explosive sprinting, jumping, pushing and pulling skills along with balance and artistry. On the vault, beam

and in floor gymnastics, explosive leg power plays an important role in linking elements and acrobatic sets. Bouncing is one of the most important movements in the floor and vault routines and it is acquired by gymnasts at a very young age as part of their daily training according to Marina et al. (2013).

Table 4 presents the means and standard deviations of power, anaerobic fatigue percentage, maximum relative power per kilogram of weight.

**Table 4.** Values of power, anaerobic fatigue and relative maximum power of the gymnasts who participated in the three measurements

**A – January 2019**

Code	Power (W)		Anaerobic fatigue (%)	Maximum relative power (W/kg)
	Max	Min		
G2	116.26	73.78	36.54	4.31
G3	247.01	227.01	8.10	4.94
G4	212.55	159.10	25.15	5.45
G5	139.38	117.23	15.89	3.87
G9	181.40	123.52	31.91	4.53
G11	88.85	66.08	25.63	3.42
Mean	164.24	127.79	23.87	4.42
± SD	60.14	59.46	10.41	0.73

## B – January 2020

Code	Power (W)		Anaerobic fatigue (%)	Maximum relative power (W/kg)
	Max	Min		
G2	185.91	97.73	47.43	6.18
G3	336.87	272.85	19.00	6.87
G4	364.91	225.74	38.14	8.11
G5	239.28	165.08	31.01	6.30
G9	324.26	168.54	48.02	6.90
G11	165.01	89.14	45.98	5.69
Mean	269.37	169.85	38.26	6.68
± SD	84.21	71.38	11.51	0.84

## C – June 2020

Code	Power (W)		Anaerobic fatigue (%)	Maximum relative power (W/kg)
	Max	Min		
G2	150.03	82.88	44.76	5.00
G3	382.22	285.64	25.27	6.83
G4	427.88	233.24	45.49	8.56
G5	260.85	173.38	33.53	6.21
G9	332.93	158.19	52.49	6.94
G11	138.40	92.89	32.88	4.61
Mean	282.05	171.04	39.07	6.36
± SD	120.34	78.81	10.13	1.44

*Mean – mean value, ± SD – standard deviation*

The height of bounces, vaults and acrobatic elements (sets) and the accurate precise landing are some of the most important components of the technical requirements for successful performance of the gymnastic exercises in gymnastics. The ability to develop increased levels of muscular strength is reflected by the potential to perform more advanced skills and acrobatics as stated by the authors French et al. (2004). The gymnasts' ability to transfer the impulse from their legs to the upper part of the body is critical for the precise performance of gymnastic elements according to Mkaouer et al. (2012).

The average age of the study group was  $10.5 \pm 1.5$  years. The literature does not contain data on studies in this age group of gymnasts. However, studies have been conducted with children who do not participate in gymnastics (Chia, Armstrong, & Childs, 1997) and the value measured by the authors for mean maximum power was  $168 \pm 33.7$  W. The mean of the maximum power of the persons tested in our first measurement at the beginning of the study was  $164.24 \pm 60.14$  W, which is comparable to that in the

literature. The maximum power of the studied group of gymnasts increased progressively during the study period and after 12 and 18 months it was significantly higher than that of the untrained children (the mean maximal power in the second measurement was  $269.37 \pm 84.21$  W and in the last measurement it was  $282.05 \pm 120.34$  W). These results are further evidence that gymnastics training has a strong impact on enhancing the anaerobic capacity of athletes.

#### **Analysis of Sargent test results**

The persons studied fall into different age groups, so the data analysis complies with different norms. Four of the persons studied were in the adult category, so the data were compared with the Chu (1996) adapted scale. The rest were aged from 8 to 14 years, and other scales were used for them (Aleksić-Veljković, et al., 2013; Nikolaidis, et al., 2016). It should be mentioned that little research has been done in this age group and could be the object of further in-depth scientific research.

The qualities of strength, flexibility and muscular endurance, combined with speed and coordination, are required in artistic gymnastics (Höög & Andersson, 2021). The result of the research shows that modern gymnasts need to have significantly greater strength and power due to the ever increasing technical difficulties (Atiković, et al., 2018).

Explosive muscular strength represents the body's ability to generate muscular work in a short time, and the speed of force production are the basis of gymnastic movements (Kaur & Koley, 2019). Tests involving vertical bounce are commonly used to assess changes in the muscle strength and power of the lower limbs.

The gymnasts' ability to jump has often accompanied successful performance and it is sometimes considered a general parameter regarding gymnastics skills. The authors Marina, et al. (2013) state that the usual number of jumps with both legs is between 1,000 and 2,000 per week where all acrobatic elements are taken into account.

Vertical rebound is used in many sports for the purpose of reaching as high as possible. Other purposes include rotation in an acrobatic somersault as well. The gymnasts' jumping skills are often related to the successful performance (especially in the routines of floor gymnastics, beam, and vault) and are sometimes considered a general parameter of their skills. Gymnastics performance is largely determined by the ability to successfully perform complex rotational elements forward and backward (Mkaouer, et al., 2012). If a gymnast fails to perform an acrobatic jump, the problem may be related to the jumping capacity, specific technique and movement coordination, or both (Marina & Torrado, 2013).

The jumping ability is critical in gymnastics at all levels of competition and in all categories of gymnasts. There is a lack of research in the categories of young gymnasts already competing at international level. That was also the reason why the Sargent test, Appendix 3), was used for gymnasts. When conducting the test, the persons tested made three attempts, the best of which was used to determine the height of the rebound. 13 gymnasts participated in the first test and the results were as follows: the vertical rebound height was  $37.77 \pm 12.62$  cm and the calculated rebound power was  $2207.5 \pm 1167.5$  W.

17 gymnasts participated in the second test and their results were as follows: the vertical rebound height  $35.35 \pm 10.30$  cm and the calculated rebound power was  $1760.63 \pm 938.41$  W.

Eight gymnasts participated in the third test, their respective results were: the vertical rebound height  $40.13 \pm 6.17$  cm and the calculated rebound power was  $1637.08 \pm 1549.66$  W.

Nine subjects studied participated in the first and second tests. Although there was a slight increase in the means of the vertical rebound height ( $35.00 \pm 6.41$  cm in the first test, and  $36.63 \pm 7.39$  cm in the second test) and the calculated rebound power ( $1724.60 \pm 630.39$  W in the first test, and  $1963.15 \pm 620.62$  W in the second test), there was no statistically significant difference in the values of the two tests.

Eight gymnasts took part in the second and third tests. Although there was a slight increase in the mean vertical rebound height ( $35.75 \pm 7.92$  cm in the second test and  $40.13 \pm 6.17$  cm in the third test), there was no statistically significant difference in the values of the two tests. However, there was a statistically

significant difference in the calculated rebound power ( $1708.45 \pm 698.41$  W in the second test, and  $2098.59 \pm 744.10$  W in the third test, Wilcoxon signed rank test,  $P$  value = 0.04). Except for one of the persons studied who decreased his power, all others increased it considerably. That was due to the fact that although they had increased their weight, the rebound height remained relatively constant.

All three tests involved 8 subjects studied in the third measurement at the age of  $12.4 \pm 2.8$  years, height of  $141.4 \pm 13.3$  cm, and weight of  $38.0 \pm 9.9$  kg. The results of the tests performed are presented in Table 4. There was no statistically significant difference between the vertical rebound values in the three measurements. However, such a difference (Friedman test,  $P < 0.01$ ) was observed between the values of the calculated maximum power of the first and third measurements. That statistically significant difference indicates that the rebound height is maintained over time, and the gymnasts' increased weight over a period of 18 months leads to an increased power.

The nature of the changes in the gymnasts' anaerobic capacity was similar, with significant changes measured by Wingate and Sargent (Table 5) tests after an 18-month period of measurement. These parameters increased nevertheless the athletes trained at home for some time, and the applied exercises in the set were undoubtedly suitable for the development of their anaerobic capabilities.

As with the anthropometric parameters, the tendency for statistically significant changes to be observed not after 12 but 18 months was relevant here too.

The comparison of the obtained rebound data with those from the literature sources shows that the persons studied have significantly higher values of both vertical rebound and calculated maximum power than those in the same age group (Taylor, et al., 2010). The gymnasts tested reach and even surpass the maximum vertical rebound

The average age of the study group was  $10.5 \pm 1.5$  years. The literature does not contain data on studies in this age group of gymnasts. However, studies have been conducted with children who do not participate in gymnastics (Chia, Armstrong, & Childs, 1997) and the value measured by the authors for mean maximum power was  $168 \pm 33.7$  W. The mean of the maximum power of the persons tested in our first measurement at the beginning of the study was  $164.24 \pm 60.14$  W, which is comparable to that in the literature. The maximum power of the studied group of gymnasts increased progressively during the study period and after 12 and 18 months it was significantly higher than that of the untrained children (the mean maximal power in the second measurement was  $269.37 \pm 84.21$  W and in the last measurement it was  $282.05 \pm 120.34$  W). These results are further evidence that gymnastics training has a strong impact on enhancing the anaerobic capacity of athletes.

#### **Analysis of Sargent test results**

The persons studied fall into different age groups, so the data analysis complies with different norms. Four of the persons studied were in the adult category, so the data were compared with the Chu (1996) adapted scale. The rest were aged from 8 to 14 years, and other scales were used for them (Aleksić-Veljković, et al., 2013; Nikolaidis, et al., 2016). It should be mentioned that little research has been done in this age group and could be the object of further in-depth scientific research.

The qualities of strength, flexibility and muscular endurance, combined with speed and coordination, are required in artistic gymnastics (Höög & Andersson, 2021). The result of the research shows that modern gymnasts need to have significantly greater strength and power due to the ever increasing technical difficulties (Atiković, et al., 2018).

Explosive muscular strength represents the body's ability to generate muscular work in a short time, and the speed of force production are the basis of gymnastic movements (Kaur & Koley, 2019). Tests involving vertical bounce are commonly used to assess changes in the muscle strength and power of the lower limbs.

The gymnasts' ability to jump has often accompanied successful performance and it is sometimes considered a general parameter regarding gymnastics skills. The authors Marina, et al. (2013) state that

the usual number of jumps with both legs is between 1,000 and 2,000 per week where all acrobatic elements are taken into account.

Vertical rebound is used in many sports for the purpose of reaching as high as possible. Other purposes include rotation in an acrobatic somersault as well. The gymnasts' jumping skills are often related to the successful performance (especially in the routines of floor gymnastics, beam, and vault) and are sometimes considered a general parameter of their skills. Gymnastics performance is largely determined by the ability to successfully perform complex rotational elements forward and backward (Mkaouer, et al., 2012). If a gymnast fails to perform an acrobatic jump, the problem may be related to the jumping capacity, specific technique and movement coordination, or both (Marina & Torrado, 2013).

The jumping ability is critical in gymnastics at all levels of competition and in all categories of gymnasts. There is a lack of research in the categories of young gymnasts already competing at international level. That was also the reason why the Sargent test, Appendix 3), was used for gymnasts. When conducting the test, the persons tested made three attempts, the best of which was used to determine the height of the rebound. 13 gymnasts participated in the first test and the results were as follows: the vertical rebound height was  $37.77 \pm 12.62$  cm and the calculated rebound power was  $2207.5 \pm 1167.5$  W.

17 gymnasts participated in the second test and their results were as follows: the vertical rebound height  $35.35 \pm 10.30$  cm and the calculated rebound power was  $1760.63 \pm 938.41$  W.

Eight gymnasts participated in the third test, their respective results were: the vertical rebound height  $40.13 \pm 6.17$  cm and the calculated rebound power was  $1637.08 \pm 1549.66$  W.

Nine subjects studied participated in the first and second tests. Although there was a slight increase in the means of the vertical rebound height ( $35.00 \pm 6.41$  cm in the first test, and  $36.63 \pm 7.39$  cm in the second test) and the calculated rebound power ( $1724.60 \pm 630.39$  W in the first test, and  $1963.15 \pm 620.62$  W in the second test), there was no statistically significant difference in the values of the two tests.

Eight gymnasts took part in the second and third tests. Although there was a slight increase in the mean vertical rebound height ( $35.75 \pm 7.92$  cm in the second test and  $40.13 \pm 6.17$  cm in the third test), there was no statistically significant difference in the values of the two tests. However, there was a statistically significant difference in the calculated rebound power ( $1708.45 \pm 698.41$  W in the second test, and  $2098.59 \pm 744.10$  W in the third test, Wilcoxon signed rank test, P value = 0.04). Except for one of the persons studied who decreased his power, all others increased it considerably. That was due to the fact that although they had increased their weight, the rebound height remained relatively constant.

All three tests involved 8 subjects studied in the third measurement at the age of  $12.4 \pm 2.8$  years, height of  $141.4 \pm 13.3$  cm, and weight of  $38.0 \pm 9.9$  kg. The results of the tests performed are presented in Table 4. There was no statistically significant difference between the vertical rebound values in the three measurements. However, such a difference (Friedman test, P < 0.01) was observed between the values of the calculated maximum power of the first and third measurements. That statistically significant difference indicates that the rebound height is maintained over time, and the gymnasts' increased weight over a period of 18 months leads to an increased power.

The nature of the changes in the gymnasts' anaerobic capacity was similar, with significant changes measured by Wingate and Sargent (Table 5) tests after an 18-month period of measurement. These parameters increased nevertheless the athletes trained at home for some time, and the applied exercises in the set were undoubtedly suitable for the development of their anaerobic capabilities.

As with the anthropometric parameters, the tendency for statistically significant changes to be observed not after 12 but 18 months was relevant here too.

The comparison of the obtained rebound data with those from the literature sources shows that the persons studied have significantly higher values of both vertical rebound and calculated maximum power than those in the same age group (Taylor, et al., 2010). The gymnasts tested reach and even surpass the maximum vertical rebound

**Results and analysis in the determination of glucose and lactate in the blood of gymnasts after loading**

The results of the measurements carried out under this point are presented in Tables 6 and 7.

Twelve subjects studied participated in the two measurements. Both tests show that there was no statistically significant difference in the glucose values before exercise and in 1st, 3rd and 5th minute after the test. The studies in the literature related to the glucose change during a short-term anaerobic test are mostly with untrained men and women and the data cannot be compared with our persons studied. It should be expected that this parameter should not change in such test with well-trained subjects, as it did in our case. The lactate concentration results show, in both tests, statistically significant differences in the values before exercise and in 1st (Friedman test,  $P < 0.05$ ), 3rd (Friedman test,  $P < 0.001$ ), and 5th (Friedman test,  $P < 0.001$ ) minute. The lactate concentration increased significantly after the end of loading, with its value being the highest in 5th minute.

**Table 6.** Blood glucose and lactate concentration values in January 2019

Code	Glucose (mmol/l)				Lactate (mmol/l)			
	before	1 min	3 min	5 min	before	1 min	3 min	5 min
G1	3.59	4.11	4.36	4.21	2.21	10.2	11.65	12.2
G2	4.34	4.68	4.66	4.31	2.13	7.69	9.31	10.07
G3	4.65	4.49	4.47	4.49	2.79	7.79	7.76	7.39
G4	3.95	4.22	4.42	4.33	2.9	8.96	9.29	8.16
G5	3.82	3.92	4.14	4.07	1.83	5.67	6.73	7.28
G9	4.08	4	4.27	4.02	2.1	4.66	6.02	7.13
G11	4.35	4.52	4.91	4.92	2.32	6.55	8.06	8.48
G16	4.38	4.53	4.36	4.52	2.18	7.91	6.68	6.66
G21	4.98	4.9	5.23	5.25	2.03	14.51	15.96	15.68
G22	5.33	5.35	5.39	5.15	2.7	6.93	7.97	7.89
G23	5.21	5.3	5.42	5.13	2.35	9.19	10.19	10.53
G24	4.78	4.7	5.02	4.93	2.11	7.33	9.51	9.55
Mean	4.15	4.31	4.45	4.36	2.31	7.43	8.19	8.42
±SD	0.35	0.28	0.24	0.29	0.36	1.77	1.84	1.86

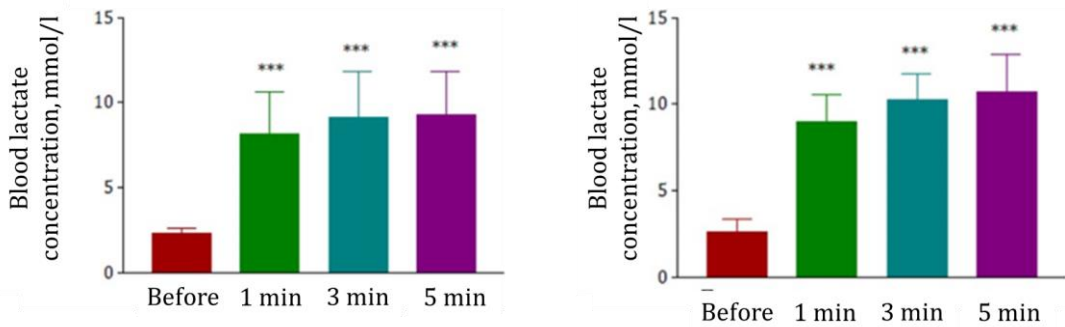
**Table 7.** Blood glucose and lactate concentration values in January 2020

Code	Glucose (mmol/l)				Lactate (mmol/l)			
	before	1 min	3 min	5 min	before	1 min	3 min	5 min
G1	12.35	11.50	11.08	10.52	2.77	8.30	9.46	10.78
G2	5.57	5.04	5.21	5.09	2.35	7.30	8.09	9.01
G3	6.23	4.99	5.17	5.32	2.83	11.48	9.42	10.69
G4	4.28	4.64	5.22	5.22	2.19	12.10	12.71	13.39
G5	4.16	4.11	4.77	4.52	2.04	7.57	12.72	13.88
G9	4.75	4.61	4.36	3.98	2.55	9.05	11.57	13.53
G11	5.09	3.22	5.05	5.04	2.56	9.77	9.86	8.22
G16	4.28	3.21	4.62	4.43	2.76	7.69	9.42	7.67
G21	5.16	5.48	5.68	5.11	1.70	8.60	10.71	10.29
G22	5.13	5.02	6.05	6.30	2.58	7.74	8.41	7.92
G23	4.11	3.78	4.11	4.34	2.40	8.59	10.75	11.13
G24	4.94	3.89	4.00	4.12	4.70	9.96	9.71	11.59
Mean	5.84	5.17	5.69	5.52	2.51	9.16	10.41	10.90
±SD	2.73	2.66	2.20	2.07	0.29	1.82	1.71	2.49

Figure 8 shows a graphical representation of the lactate concentration change before loading and in first, third and fifth minute after loading for both measurements.

There are no statistically significant differences between glucose and lactate concentrations in the two measurements.





In one of their studies, the authors Chia et al. (1997) show that, following a similar anaerobic test of persons aged  $9.7 \pm 0.3$  years, the maximum lactate concentration is reached in the second minute after loading and it is in the range of 2.0-8.1 mmol/l. However, that does not necessarily indicate a deficit in the children's ability to generate anaerobic energy; instead, it may reflect a reduced reliance on anaerobic metabolism to meet the energy demands of loading. In any case though, untrained children have lower postexercise lactate levels than the studied gymnasts. The mean lactate values in 1st, 3rd and 5th minute after load in the second measurement increased compared to the first one, which is another evidence of the effect of training on increasing anaerobic capacity. That increase is expressed in the muscle's ability to tolerate greater concentrations of lactate.

### Analysis of heart rate results during gymnastics training

Artistic gymnastics is a sport where the physiological demands on gymnasts are constantly increasing, as the international standard is set out by the International Gymnastics Federation (FIG) using the Code of Points reviewed and updated every four years.

The primary physiological demands in gymnastics are focused on muscular strength and power without significant aerobic mobilization (Dallas, et al., 2013). In terms of strength, gymnasts are among the strongest Olympic athletes when power is measured relative to body weight (relative strength). That is demonstrated by their ability to support and move their body mass through various dynamic or static positions.

To reach a high level, gymnasts start training at an early age. They need to reach a high level of strength, flexibility and coordination to perform a variety of complex acrobatic movements. Gymnastics is a technical sport and has specific physiological and psychological demands. Gymnasts get into various situations and involve various muscle groups during a competition. Success is the result of multiple repetitions of the same movement and element until its perfect realization.

Typically, the gymnasts' heart rate monitoring is done during a competition, so our objective is to measure heart rate during routine training as it differs from competition in duration.

Eleven gymnasts (men and women) (age of  $10.98 \pm 2.98$  years, height of  $140.09 \pm 13.82$  cm, weight of  $36.16 \pm 11.57$  kg) participated in the study. The measurements were taken on 15.03.2019. Scheduled training sessions were held every morning (10.30 am). Their duration was 2 hours. The workout consisted of a 20-minute warm-up followed by a 5-minute set of 10 basic flexibility exercises. For ten minutes They warm up with exercises from the basic gymnastics square with lots of repetitions of exercise types for various body parts for ten minutes. That is immediately followed by handstands, somersaults, forward rolls, backward rolls and sideways rolls. Sets of exercises are performed on mixed parallel bars and rings with assistance and different types of landings for ten minutes. Then each athlete performs all the required exercises of the gymnastics routine on a separate apparatus for 20 minutes. Three apparatus minimum for each gymnast per workout. At the end of the workout, the exercises continue on a trampoline for 15 minutes to develop orientation in space, coordination and accurate landing.

Eleven gymnasts from the gymnastics club *Pirin 2011* participated in the study. The anthropometric and heart rate (HR) data are presented in Table 8.

Gymnasts do their regular routine and they are tested by special heart rate testers active PULS of the German company MEDION AG during all parts of the workout.

**Table 8.** Anthropometric data and (HR) of the persons studied

Code	Height (cm)	Weight (kg)	HR at rest (bpm)	Calculated max HR, (bpm)	HR reserve (bpm)	Area of low intensity		Min HR (bpm)	Mean HR (bpm)	Max HR (bpm)
						Lower (bpm)	Upper (bpm)			
G1	161	55	88	202	114	111	148	99	102	230
G2	128	27.4	88	212	124	113	158	110	133	238
G3	155	50.2	68	208	140	96	167	100	138	225
G4	143	40.2	94	210	116	117	153	110	128	237
G5	143	36.2	96	210	114	119	151	100	120	229
G6	120	22.6	92	212	120	116	156	100	131	240
G9	149	40.5	90	208	118	114	153	100	115	235
G11	128	25.7	88	210	122	112	156	120	139	232
G14	155	48.1	88	206	118	112	152	110	143	227
G17	132	29.8	98	211	113	121	151	105	124	238
G18	127	22.1	100	211	111	122	150	120	142	229
Mean	140.09	36.16	90.00	209.09	119.09	113.82	154.19	106.73	128.64	232.73
±SD	13.82	11.57	8.49	2.98	7.98	7.01	5.02	7.93	12.64	5.10

There is insufficient information in literature regarding the gymnasts' heart rate studies, especially during the training process. The measurement allowed us to assess the intensity of the training load. Logically, when the intensity is high the heart rate will be higher near the maximum.

It is necessary to have prior information of the heart rate at rest and the maximum heart rate of each person studied in order to measure the intensity in a given workout most efficiently. Heart rate at rest is measured after the person has been at rest for several minutes. The maximum heart rate is often calculated using the formula:

$$\text{MHR} = 220 - \text{years}$$

One of the best methods of determining the target heart rate ranges for monitoring the intensity of physical activity is the use of a technique known as the heart rate reserve (HRR) method, also known as the Karvonen method (Karvonen, et al., 1957). In this method, the heart rate at rest (RHR) is first subtracted from the maximum heart rate (MHR) to obtain HRR.

$$\text{HRR} = \text{MHR} - \text{RHR}$$

To calculate the heart rate range for practical purposes, we used the standards in Table 9 below to determine the corresponding % HRR values (by Stand, 1998).

**Table 9.** Classification of physical activity intensity using % heart rate reserve (by Stand, 1998).

Description of intensity	Relative intensity
	% of heart rate reserve (% HRR)
Very light	<20
Light	20-39
Mean	40-59
High	60-84
Very high	>85

The gymnasts' mean HR is lower ( $128.64 \pm 12.64$ ) than that measured during competition ( $189.44 \pm 17.74$  and  $194.64 \pm 4.69$  bpm) with females and males, respectively (based on details by Dallas, et al., 2013) but they are in the range of 114-185 bpm during exercise reported by Jemni et al. (1998). HR fluctuates a lot during performance which is probably due to the intermittent nature of competition, vigorous movements and rapid postural changes (McArdle, et al., 1991), and also due to the difficulty of the gymnastic exercises on the various apparatuses.

Nevertheless the fluctuations, the mean HR showed that gymnastic workout was of low intensity. That means that the athletes can easily maintain HR during exercise and can quickly

recover HR after each exercise. That is evidence of good conditioning and a high level of trainability, even for the youngest. The workout was of very light intensity for only one gymnast compared to the other persons studied as he was an elite gymnast, and that type of training for him did not lead to changes in his HR. Monitoring the dynamics in heart rate during training is indicative of the intensity of the training, the effort exerted by the athletes and it can be a useful tool to monitor the gymnasts' functional capacity. It can be used in monitoring changes in their development along with other parameters.

### **Influence of training load on the gymnasts' technical skills**

One of the tasks of the present study is to determine the impact of training on the gymnasts' technical skills conducted in a gym and at home (implemented during the lockdown in early 2020 related to COVID-19). Some of the tests in the two FIG programmes are selected.

The study was conducted over a period of one year, with gymnasts conducting normal gym and home training sessions during that year (March 2020 to June 2020). The gymnasts were divided by gender into two groups, girls and boys, as the tests were different for each group: for boys - 12 technical tests, for girls - 7 technical tests - independent samples.

Eight boys (age of  $9.38 \pm 1.41$  years, height of  $134.50 \pm 11.48$  cm, and weight of  $32.19 \pm 9.36$  kg at the beginning of the study) and seven girls (age of  $10.29 \pm 2.69$  years, height of  $142.64 \pm 12.28$  cm, and weight of  $35.50 \pm 10.49$  kg at the beginning of the study) took part in the technical tests.

The studies were conducted in early June 2019 and early June 2020.

The test results were by the point system from 0 to 50 depending on the studied person's performance and the scale used (by Hadzhiev, 1970).

The results of the study showed that despite the complicated environment, the boys improved their performance significantly in three of the tests (Wilcoxon signed rank test), while there was no statistically significant difference for the girls, i.e. they managed to maintain their physical and technical condition.

Despite the unfavourable and complicated situation, respectively the lack of training in the gym most of the time, the athletes who were motivated to train at home managed to maintain (for girls) and even improve (for boys) their technical skills.

The summarized anthropometric data for the persons studied participating in the technical tests are presented in Table 10.

**Table 10.** Summarized anthropometric data for the persons studied involved in the technical tests

Parameter	BOYS		GIRLS	
	Beginning of study	End of study	Beginning of study	End of study
Number, n	8	8	7	7
Age, years	$9.38 \pm 1.41$	$10.38 \pm 1.41$	$10.29 \pm 2.69$	$11.14 \pm 2.85$
Height, cm	$134.50 \pm 11.48$	$139.94 \pm 11.36^{**}$	$142.64 \pm 12.28$	$146.57 \pm 12.22^*$
Weight, kg	$32.19 \pm 9.36$	$34.63 \pm 8.66^*$	$35.50 \pm 10.49$	$38.70 \pm 10.71^*$

\*  $p < 0.05$ , \*\*  $p < 0.005$

These anthropometric details can be used to assess the child's physical development and to compare with normative data for the 9-11 age group.

- In terms of age, the contingent of male and female gymnasts studied fell into the 9-11 year old range. The groups are heterogeneous of two genders.
- In terms of height and weight, the changes having occurred in the short period of 1 year were in result of natural youthful growth and development of the child's body.

The summarized results of the technical tests are presented in Table 11.

**Table 11.** Technical test results for boys and girls.

Tests		Score in June 2019, points (mean $\pm$ standard deviation)	Score in June 2020, points (mean $\pm$ standard deviation)
Boys	Pressups to handstand on parallel bars	18.63 $\pm$ 13.80	23.75 $\pm$ 12.57*
	Long jump from standing	20.00 $\pm$ 19.21	18.88 $\pm$ 16.14
	/Shuttle run/	44.75 $\pm$ 4.59	43.75 $\pm$ 7.44
	Scissors kicks to the left and to the right	35.38 $\pm$ 15.32	38.13 $\pm$ 14.38
	From occipital lying position ,arch jump	44.00 $\pm$ 5.15	43.75 $\pm$ 6.88
	Giant swing with half turn on the bar	19.50 $\pm$ 16.57	23.25 $\pm$ 18.20*
	Timed somersaults backwards	26.63 $\pm$ 12.25	30.00 $\pm$ 11.51
	L support on the /rings/	22.38 $\pm$ 16.66	28.00 $\pm$ 12.64
	Raising the legs up the gymnastics wall	17.63 $\pm$ 19.23	30.25 $\pm$ 13.55*
	Circles on the mushroom until refusal	19.75 $\pm$ 15.18	30.63 $\pm$ 9.74
Swing to handstand, hold on the parallel bar	22.13 $\pm$ 19.86	25.75 $\pm$ 17.62	
Girls	Occipital lying position, squat, jump	31.57 $\pm$ 12.42	32.71 $\pm$ 12.54
	Number of gliden kips on uneven bars	20.71 $\pm$ 23.53	32.43 $\pm$ 17.19
	20 m run for less than 3 sec	32.86 $\pm$ 16.75	32.43 $\pm$ 17.19
	Somersaults backwards from standing	29.57 $\pm$ 10.47	28.29 $\pm$ 13.15
	Pressup to handstand from stradle leg support	23.57 $\pm$ 19.73	28.14 $\pm$ 20.71
	Handstand hold on the balnce beam or gymnastics floor	20.86 $\pm$ 23.29	23.14 $\pm$ 21.73
	Timed rope climbing	18.57 $\pm$ 23.97	14.86 $\pm$ 23.14

\* p < 0.05

It is clear from the results presented in Table 11, that changes in technical aspect occurred in both groups. There were statistically significant differences in the boys' performance in only 3 technical parameters (three tests) – pressups to handstand on parallel bars (Wilcoxon signed rank test, p=0.0156), giant swing with half turn on high bar (Wilcoxon signed rank test, p=0.0313) and raising the legs up a gymnastic wall (Wilcoxon signed rank test, p=0.0156).

The improved results of these tests showed enhanced upper limb strength and endurance in the first two tests and enhanced abdominal muscle strength and endurance in the third test. Despite the lack of workouts in the gym, training these muscle groups appeared to be possible at home where the person training was responsible. In two of the tests (long jump from standing and /Shuttle run/), although there was no statistically significant difference, the results were lower in the second test. Both tests involved lower limb strength and endurance and it was likely that their training was difficult at home. There was a slight increase in the other tests but no statistical significance. That result was probably due to the fact that upon sufficient motivation of the gymnasts and control by the coach, it was possible to maintain a good physical level, which was important for the successful performance not only of the technical tests, but also of the training in general.

Table 10 reveals the mean and standard deviation for the two target groups on all measured technical parameters, with three of the parameters having a statistically significant difference,  $p < 0.05$ , those with \*.

The changes in the technical test results for the girls were not statistically significant. However, there were some reductions in the mean grades in three of the tests: 20 m run under 3 sec, back somersaults standing, and timed rope climbing. The lack of training in the gym where the last two exercises could be performed also affected the results of the study. In four of the tests, the girls slightly increased their results (statistically insignificant differences in 4 technical parameters). Performing the exercises of these technical tests helped to improve strength and endurance of certain muscle groups such as upper, lower limbs and abdominal muscles that could be successfully trained at home.

*The summarized results* of the study show that despite the complicated environment the boys improved significantly their parameters in three of the tests (Wilcoxon signed rank test), while there was no statistically significant difference for the girls, i.e. they managed to maintain only their physical and technical condition.

The gymnasts receive a maximum of 50 points for meeting the standard in their age group. No gymnast participating in this study received the maximum number of points when performing all technical tasks. That was mainly due to two reasons. Firstly, some of the gymnasts in the study period moved to another age group where the requirements for obtaining the maximum number of points were higher. And, secondly, the lack of training in the gym made it difficult to improve the technical elements and affected the results obtained.

## **Conclusion**

Experiencing constraints during K19 required from the gymnasts to focus their efforts, and their coaches to implement adapted strategies tailored to the current situations to master the sport and training process in non-standard conditions. The study performed will help physical training as one of the important components in the gymnasts' sports training and it is the foundation which sports technique is built on. By inclusion and periodical optimization of training programmes, it will be possible to control the technical and physical preparation of male and female gymnasts not only in the field, but also at home where necessary.

## Conclusions

The analysis of the recorded results allows us to formulate the following **scientific conclusions**:

- Statistically significant differences were observed in the anthropometric parameters only after a period of 18 months (in the third measurement);
- In gymnasts with greater muscle mass, BMI (in the first test $\pm$ SD was 1.97, and in the third test $\pm$ SD was 2.08) did not provide an adequate assessment of the weight and physical development. The remaining persons studied maintained a low body fat percentage (in the first test 10.50%, and in the third test 12.46%), which remained almost unchanged during the study period due to their activity and high energy consumption during exercise;
- The mesomorphic type is the type characterizing the gymnasts, and it was evident from the somatoscopic test that the persons studied had it strongly expressed;
- The means of anaerobic capacity and anaerobic power of the gymnasts in the 1st test were 164.24 W, 269.37 W in the 2nd one, and 282.05 W in the 3rd test where they increased depending on the type of workload and the model developed with the two innovative programmes (in the gym and at home), which had application-proven efficiency and made it possible to optimize the training process in artistic gymnastics.
- The vertical rebound test (Sargent test) gives an insight into the lower limb power of gymnasts. Although they increased their weight, the rebound height remained a relatively constant value, but indicating increased power (947 W in 1st test, 1143.12 W in 3rd test);
- High lactate concentrations in the blood (Wingate test) indicate positive adaptations for muscle work under short but highly intensive loads;
- The fluctuations of mean HR showed that the gymnastic model was of medium intensity. It means that athletes can easily maintain HR during exercise and can quickly recover HR after each exercise.
- A conceptual in structure and content proprietary MODEL of two programmes in the field and home conditions is proposed that have a positive effect on the gymnasts' physical and technical qualities.

## Recommendations

- In order to guarantee high sports results, an adequate response from the coaches is required when organizing the training process in artistic gymnastics (implementation of adaptation programmes, both in the field and at home), taking into account the age characteristics and the level of the gymnasts' individual physical ability and compliance with the BGF Regulation;
- Through the recognized tests, it is recommended to periodically monitor the anaerobic capacity, heart rate, anthropometric and somatotype parameters before and after training to regulate training loads. Technical tests are recommended to be included in the coaches' annual training schedule, allowing for periodic point assessment of the athletes for timely and periodic assessment regarding the technical qualities of the boys and girls in artistic gymnastics.
- The proprietary model is applicable and can find its place in the annual training process in artistic gymnastics having proven its efficiency (**4 years**) in the period January 2019 to March 2023.



## Scientific contributions to theory and practice

- A wide range of functional parameters with the gymnasts in the field and at home is studied for the first time, expanding the knowledge in that area and providing a benchmark for further more in-depth scientific research;
- A systematic analysis of changes in the sport and technical skills of male and female gymnasts through innovative approaches is attempted for the first time;
- The contents and effectiveness of the impact of a personalized proprietary model (through the means of two programmes) are proven by a large number of objective parameters, which are tailored and meet the general requirements and the athletes' individual capabilities, and we offer **video clips** of the exercise sets included, ensuring their efficiency and adequate training of male and female gymnasts in artistic gymnastics.

## LIST OF SCIENTIFIC PUBLICATIONS RELATED TO THE DISSERTATION TOPIC

1. **Aleksandar Markov**, Tatyana Dzimbova (2019). Monitoring heart rate during gymnastics training. Sport and science, Special issue, 300-305.
2. **Aleksandar Markov**, Tatyana Dzimbova (2020). Impact of the COVID-19 pandemic on body composition and somatotype of gymnasts. 12th International Scientific Conference Contemporary Trends of Physical Education and Sport, held at the University of Sofia "Kliment Ohridski" on 06.11.2020 (online), 381-386.
3. Radost Vasileva, **Aleksandar Markov** (2019). Sports technique and technical training. Proceedings of the 20th Student Scientific Conference of the Faculty of Public Health, Health Care and Sport, Department of Sport, p. 65-74.
4. Radost Vasileva, **Aleksandar Markov** (2019). Control of the training process. Proceedings of the 20th Student Scientific Conference of the Faculty of Public Health, Health Care and Sport, Department of Sport, p. 82-91.
5. **Aleksandar Markov** (2019). New trends in the training process of elite gymnasts. Sport and Science, Special issue, 152-158.