

НАЦИОНАЛНА СПОРТНА АКАДЕМИЯ
„ВАСИЛ ЛЕВСКИ“ СОФИЯ

КАТЕДРА „ЛЕКА АТЛЕТИКА“

Яна Василева Касова

**„Синергетичен ефект от използването
на лекоатлетически препятствени
упражнения при подрастващи“**

АВТОРЕФЕРАТ

за присъждане на научната степен „Доктор“
в професионално направление 7.6. Спорт, докторска програма
„Теория и методология на спортната наука“

Научен ръководител:
доц. Пламен Нягин, д-р

София, 2025

НАЦИОНАЛНА СПОРТНА АКАДЕМИЯ
„ВАСИЛ ЛЕВСКИ“ СОФИЯ

КАТЕДРА „ЛЕКА АТЛЕТИКА“

Яна Василева Касова

**„Синергетичен ефект от използването
на лекоатлетически препятствени
упражнения при подрастващи“**

АВТОРЕФЕРАТ

за присъждане на научната степен „Доктор“
в професионално направление 7.6. Спорт, докторска програма
„Теория и методология на спортната наука“

Научен ръководител:
доц. Пламен Нягин, д-р

Официални рецензенти:
проф. Марин Гъдев, дн
проф. Апостол Славчев, д-р

София, 2025

Дисертационният труд съдържа 232 стандартни страници. Онагледен е с 26 таблици, 44 фигури и списък на използваната литература. Библиографската справка съдържа 132 източника, от които 92 на кирилица и 40 на латиница.

Номерацията на таблиците и фигурите в автореферата съвпада с тази от дисертацията.

Дисертационният труд е обсъден и насочен за публична защита пред научно жури на разширено заседание на катедра „Теория на спорта“ при НСА „Васил Левски“, проведено на 12.11.2025 г.

Публичната защита на дисертационния труд за присъждане на образователната и научна степен „доктор“ ще се състои на 28.01.2026 г. от часа в зала на НСА „Васил Левски“, Студентски град, София.

Увод

Леката атлетика, определяна често като „царицата на спортовете“, играе ключова роля в съвременния спортен свят. Тя обединява множество дисциплини, които развиват основни двигателни качества като бързина, сила, издръжливост и координация, и същевременно поставя фундамента за развиването на физическите възможности при подрастващите. Въз основа на широкия диапазон от дисциплини, които леката атлетика обхваща, този спорт се утвърждава не само като средство за подобряване на двигателните качества, но и като основополагащ метод за развитие на хармонично развита личност. Специално внимание заслужават лекоатлетическите препятствени упражнения, които съчетават бързина и техника и същевременно допринасят за цялостното двигателно и психомоторно развитие на подрастващите.

Организацията на спортната подготовка на подрастващите в България, както и в много други страни, е структурирана с цел да осигури устойчиво развитие на младите спортисти. Системата за спортно развитие в България включва различни етапи и форми на обучение, които обхващат началното запознаване със спорта, преминаването през разнообразни тренировъчни режими, насочени към развиване на двигателните способности и координацията, и постепенното специализиране в отделните спортни дисциплини. В този процес лекоатлетическите дисциплини играят съществена роля, тъй като те предлагат възможност за интегриране на различни видове двигателна активност, които подпомагат цялостното физическо развитие на децата.

На национално ниво, спортната система се стреми да осигури на подрастващите възможност за участие в разнообразни спортни дейности и състезания, като се акцентира не само върху елитния спорт, но и върху масовата физическа активност. Специфичната подготовка при подрастващите обаче, особено в контекста на лекоатлетическите препятствени упражнения, изисква интеграция на съвременни научни подходи и методологии, които отчитат както физиологичните, така и психическите особености на децата в различните етапи от тяхното развитие.

В този контекст настоящото изследване цели да изследва синергетичния ефект от използването на лекоатлетическите препятствени упражнения при подрастващите. Подобен подход има за цел да интегрира различни компоненти на двигателната подготовка, като се акцентира върху взаимодействието между скоростните, скоростно-силовите, скоростната издръжливост и координационните способности, които са от решаващо значение за реализацията в леката атлетика. Изследването се фокусира върху оптималните методи за интегриране на препятствените упражнения в спортната подготовка на 12-13-годишните лекоатлети, както и върху

анализа на резултатите от този подход в контекста на спортното развитие в България.

Във връзка с решаването на тези проблеми формулирахме и нашата **работна хипотеза**, която се основава на предположението, че прилагането на експертно подбрани лекоатлетически препятствени упражнения в тренировъчния процес на 12-13-годишни лекоатлети, ще способства за проявата на синергетичен ефект, изразяващ се в по-ефективно развиване нивото на двигателните способности в сравнение с традиционно възприетите. Предполагаме, че чрез тези упражнения и в комбинирано въздействие на традиционните средства (за скорост, сила, гъвкавост и координация), ще съдействат за оптимизиране на адаптационните механизми на младите спортисти и значително подобряване на спортните резултати. В допълнение, изследването ще допринесе за запълване на празнотата в научната литература по отношение ползването на синергетичния подход в кондиционната подготовка, като се постави акцент върху необходимостта от повече емпирични данни за възрастовата група под 14 години в леката атлетика.

ЦЕЛ, ЗАДАЧИ, ОРГАНИЗАЦИЯ И МЕТОДИКА НА ИЗСЛЕДВАНЕ

Цел и задачи

Целта на изследването е оптимизиране на кондиционната подготовка при 12-13-годишни лекоатлети на базата на синергетичния ефект от използването на лекоатлетически препятствени упражнения.

Реализирането на поставената цел изисква разрешаването на долупоставените **основни задачи**:

1. Проучване на научно-методичната литература.
2. Установяване степента и целевата насоченост на използването на препятствените упражнения в подготовката на подрастващи лекоатлети.
3. Изследване на синергетичния ефект на упражнения за мониторинг на подготвеност на подрастващи 12-13-годишни лекоатлети.
4. Изследване нивото на подготвеност на лекоатлети от възрастовата група под 14 г.
5. Изследване на синергетичния ефект от експериментална методика с разработена с преимуществено приложение на препятствени упражнения в подготовката на лекоатлети от възрастова група под 14 г.
6. Проучване на промените на корелационните взаимовръзки между показателите за нивото на двигателните способности след прилагане на методиката с преимуществено прилагане на препятствени упражнения във възрастова група под 14 г.

Организация и методика на изследване

Обект на изследване

Обект на изследването е нивото на двигателните способности на подрастващи, трениращи лека атлетика, във възрастовата група под 14 г.

Предмет на изследване

Предметът на изследването е синергетичният ефект върху двигателните способности при използването на атлетически препятствени упражнения при подрастващи, трениращи лека атлетика, във възрастовата група под 14 г.

Методи на изследване

За решаване на поставените задачи бяха използвани следните научни методи:

1. Анализ на научно-методичната литература.

Във връзка с проучване на състоянието на проблема по данни на специализираната литература бяха обстойно пручени и подложени на критичен анализ 132 научно-методични източника, от които – 92 на кирилица и 40 на латиница.

2. Анкетно проучване.

С цел проучване на мнението на треньорите по лека атлетика за това до каква степен и с каква насоченост се използват препятствените упражнения в подготовката на подрастващите лекоатлети в България беше проведено анкетно проучване. Проведено беше изследване посредством анкетна карта сред 64 български треньори по лека атлетика от различни клубове в цялата страна. 18 от специалистите работят в населени места под 30 000 души, 17 от тях извършват дейност в населени места между 30 000 и 100 000 души, а 29 от анкетираните треньори са локализирани в градове с над 100 000 души население.

3. Пилотно изследване

Посредством пилотно изследване направихме проучване на синергетичния, който дават конкретни упражнения към кондицията на подрастващи лекоатлети. Задълбоченият анализ на резултатите беше

насочен към това какви са взаимодействията в развиването на двигателните способности в тренировъчния процес.

Също така с изследването се проучи синергетичният ефект на упражнения за мониторинг на подготвеността на подрастващи 12-13-годишни лекоатлети. Резултатите използвахме за база за разработване на методика за подготовка на лекоатлети във възрастовата група под 14 г. с приоритетно използване на препятствени упражнения. Упражненията, приложени в изследването, са основа за тестова батерия, тестираща нивото на подготвеност на лекоатлети на 12-13-годишна възраст преди и след приложение на по-горе споменатата методика.

В експеримента се включиха 36 лекоатлети от групите за начална спортна специализация на клубовете КЛАСА и АК „Павел Павлов“.

4. Спортнопедагогически експеримент.

Основният педагогически експеримент бе проведен в рамките на една спортносъстезателна година.

Контролната група (КГ) осъществяваше учебно-тренировъчен процес по действащата Единна програма (ЕП) по лека атлетика.

Експерименталната група тренираше по тренировъчна програма върху основата на разработен от нас експериментален модел (ЕМ) за подготовка на подрастващи лекоатлети с преимуществено използване на препятствени упражнения. Той е съобразен с изискването за приемственост на тренировъчното натоварване чрез постепенно повишаване на обема и на интензивността, на базата на принципите за вълнообразност на натоварването, единство на общата и специалната подготовка, системност и цикличност на тренировъчния процес.

Спазено е условието съотношението между БФП и СФП, използвано в ЕП през етапа на спортна подготовка на подрастващи лекоатлети, да се запази и в предложения от нас алтернативен нов ЕМ (табл. 2).

Таблица 2 *Съотношение (в %) между базова физическа подготовка (БФП) и специална физическа подготовка СФП през етапа на начална спортна подготовка според ЕП и новия ЕМ*

Тренировъчна програма	Видове физическа подготовка	
	БФП	СФП
ЕП	75 %	25%
ЕМ	75 %	25 %

Разпределението на тренировъчните занимания през седмичния цикъл в използваната единна програма за подготовка по лека атлетика и нашата програма е еднакво (Таблица 3).

Контролната група в изследването води подготовка по традиционно прилаганата Единна програма, в която развиването на основните двигателни способности се реализира чрез класически средства и методи.

Таблица 3 *Разпределение на тренировъчните занимания през седмичния цикъл*

Понеделник	Тренировка – 90 мин.
Вторник	Почивка
Сряда	Тренировка – 90 мин.
Четвъртък	Почивка
Петък	Тренировка – 90 мин.
Събота	Тренировка – 90 мин.
Неделя	Почивка

За повишаване на издръжливостта са използвани предимно равномерно бягане с ниска и средна интензивност, бягане с променлив темп, както и упражнения, изпълнявани под формата на кръгова тренировка. Развиването на бързината е осъществявано чрез специални бегови упражнения, ускорително бягане на 40–50 м, пробягване на отсечки от 20–30 м, стартиране от падащ и висок старт, както и преминаване от леко в бързо бягане по сигнал. Силовата подготовка на долните крайници е била реализирана основно чрез комплексен и повторен метод, включващи разнообразни упражнения с различна интензивност и натоварване. Средствата за развиване на гъвкавост и в тренировъчен процес са с акцент върху по-обща упражнения и игри със сравнително ниска координационна сложност. Обучението в овладяването на техническите умения в дисциплините скок дължина и скок височина е проведено по изисквания на ЕП, както приложихме и в експерименталната методика.

5. Спортно-педагогическо тестиране.

За целите на пилотното изследване и основния педагогически експеримент беше реализирано спортно-педагогическо тестиране, реализирано чрез 18 стандартизирани теста:

Тест №1 (T1) - *Бягане на 20 м от висок старт с измерване на показателя „време“*.

Тестът се провежда на писта с тартаново покритие. Изследваните лица стартират самостоятелно от висок старт. Времето се отчита с фотоклетки, поставени на старта и на финала на пробягваната дистанция, с точност до 0,01 секунди.

Тест №2 (T1_1) - *Бягане на 20 м от висок старт с измерване на показателя „брой крачки“*.

Тестът се провежда на писта с тартаново покритие. Изследваните лица стартират самостоятелно от висок старт и пробягването се заснема посредством видеокамера. Броят на крачките се определя чрез последващ видеоанализ.

Тест №3 (Т2) – *Бягане на 10 м летящ старт с измерване на показателя „време“.*

Тестът се провежда на писта с тартаново покритие. Изследваните лица стартират самостоятелно от висок старт и пробягват максимално 20 м. Времето се отчита с фотоклетки поставени на 10-я метър от пробягваното разстояние и на финала. Измерването е с точност до 0,01 сек.

Тест №4 (Т2_1) – *Бягане на 10 м от летящ старт с измерване на показателя „брой крачки“.*

Тестът се провежда на писта с тартаново покритие. Изследваните лица стартират самостоятелно от висок старт и пробягването се заснема посредством видеокамера. Броят на крачките се определя чрез последващ видеоанализ.

Тест №5 (Т3) – *Т-Тест с измерване на показателя „време“.*

Тестът се провежда на писта с тартаново покритие. Четири конуса се подреждат във формата на буквата „Г“. Конус А маркира стартовата/финалната позиция. Конус Б се поставя на разстояние 10 метра в права линия пред конус А. Конусите В и Г се разполагат на 5 метра вляво и вдясно от конус Б, образувайки хоризонталната част на „Г“-образната фигура. Изследваното лице започва теста от висок старт при конус А. В тази точка са разположени фотоклетки, които отчитат времето с точност до 0.01 секунди.

След стартовия сигнал, участникът:

- Бяга право напред към конус Б и го заобикаля от лявата страна;
- Продължава странично движение надясно към конус Г, като докосва основата му с ръка;
- След това се придвижва странично наляво към конус В и също докосва основата му с ръка;
- Връща се към конус Б, като го заобикаля отдясно;
- Следва бягане обратно назад до стартовата позиция при конус А, където се спира времето.

Тест №6 (Т4) – *Совалково бягане 3x50 м с измерване на показателя „време“.*

Тестът се провежда на писта с тартаново покритие. Изследваните лица стартират индивидуално от висок старт. Времето се отчита с хронометър с точност до 0,01 секунди. Всеки участник бяга изцяло в собствен коридор. Участникът пробягва разстояние от 50 метра в права линия, като в края му докосва крайната линия със стъпалото на единия крак, обръща се рязко на 180 градуса и продължава бягането обратно в същия коридор. Финиширането е на мястото на старта след като са пробягани три 50-метрови отсечки или общо 150 метра (3x50 м).

Тест №7 (Т4_1) – *Совалково бягане 3x50 м с измерване на показателя „пулс“.*

Веднага след приключване на совалково бягане 3x50 м се измерва пулсовата честота на участника в продължение на 60 секунди.

Тест №8 (T5) – *Скок дължина от място с два крака с измерване на показателя „дължина“*.

Тестът се провежда с помощта на тензоплатформа и ролетка. Участникът заема изходно положение върху тензоплатформата, като пръстите на стъпалата са подравнени с предния ръб на нейната повърхност. Разрешава се спомагателен мах с ръцете. Скокът се изпълнява от място, с едновременно оттласкване на двата крака. Разстоянието на скока се измерва с ролетка – от ръба на тензоплатформата до най-близкия белег, оставена от участника при приземяването, в идеалния случай се счита отпечатъкът от петите. Измерването се извършва в сантиметри, с точност до 0,01 см.

Тест №9 (T5_1) – *Скок дължина от място с два крака с измерване на показателя „сила“*.

При изпълнението на Тест №8 тензоплатформата регистрира силата, приложена от участника при отскока.

Тест №10 (T6) – *Вертикални подскоци с два крака за 30 секунди с измерване на показателя „средна височина“*.

Тестът се провежда на тензоплатформа. Участникът заема изходно положение, стъпвайки с двата крака върху платформата, като ръцете са поставени на кръста и се поддържат в това положение през цялото време на теста. След сигнал за старт на теста участникът изпълнява непрекъсната поредица от вертикални подскоци в продължение на 30 секунди, като се стреми да поддържа максимална височина и максимална честота на подскоците. Всяко отскачане и приземяване трябва да се извършва изцяло върху тензоплатформата, без допълнителни движения с ръце или крака извън установената техника. От тензоплатформата се извличат следните показатели за анализ: средната стойност на височината на подскоците, средната стойност на силата на оттласкване от опората и средната стойност на поддържаната вертикална скорост. За анализа на Тест №10 се взима предвид „средната височина“.

Тест №11 (T6_1) – *Вертикални подскоци с два крака за 30 секунди с измерване на показателя „средна сила“*.

За анализа на Тест №11 се взимат предвид показателите за „средна сила“ от провеждането на Вертикален подскок за 30 секунди.

Тест №12 (T6_2) – *Вертикални подскоци с два крака за 30 секунди с измерване на показателя „средна скорост“*.

За анализа на Тест №11 се взимат предвид показателите за „средна скорост“ от провеждането на Вертикален подскок за 30 секунди.

Тест №13 (T6_3) – *Вертикални подскоци с два крака за 30 секунди с измерване на показателя „пулс“*.

След приключване на упражнението Вертикален подскок за 30 секунди се измерва пулсовата честота на участника.

Тест №14 (T7) – *Троен кенгурувиден скок с измерване на показателя „дължина“*.

Тестът се провежда на равна твърда повърхност с помощта на ролетка за измерване на дължината на скока. Изходното положение е от място, с едновременно поставени стъпала зад стартова линия. Участникът изпълнява три последователни подскока напред, отгласвайки се и приземявайки се на два крака едновременно след всеки скок, без пауза между тях (в стил "кенгуру"). Разрешава се използването на мах с ръцете за подпомагане на движението. Измерването се извършва от стартовата линия до най-близката следа от петите при финалното приземяване след третия скок. Измерването се извършва в сантиметри с точност до 0,01 см.

Тест №15 (T7_1) – *Троен кенгурувиден скок с измерване на показателя „време“*.

При изпълнението на тестът Троен кенгуруведен скок, изпълнен по описание на Тест №13, се отчита времето за изпълнение на упражнението с хронометър с точност до 0,01 секунди.

Тест №16 (T8) – *Вертикален отскок с два крака с измерване на показателя „височина“*.

Тестът се провежда на тензоплатформа. Участникът заема изходно положение, стъпвайки с двата крака върху тензоплатформата. Извършва се подскок от място с два крака с мах на ръцете и предварително пружиниращи движения в коленете. От данните на тензоплатформата се взимат предвид за изследването височината на отскока, силата на отгласване от опората и вертикалната скорост. За анализа на Тест №16 се взима предвид „височината“.

Тест №17 (T8_1) – *Вертикален отскок с два крака с измерване на показателя „сила“*.

За анализа на Тест №17 се взимат предвид показателите за „сила“ от провеждането на Вертикален отскок с два крака.

Тест №18 (T8_2) – *Вертикален отскок с два крака с измерване на показателя „скорост“*.

За анализа на Тест №18 се взимат предвид показателите за „скорост“ от провеждането на Вертикален отскок с два крака.

6. Математико-статистически методи.

За обработка на получените емпирични данни бяха използвани специализирани математико-статистически методи с помощта на софтуерните продукти IBM SPSS Statistics (Version 27) и Microsoft Excel.

В зависимост от целите и задачите на изследването, както и от типа на данните, бяха приложени следните статистически подходи:

➤ **Анализ на корелационни зависимости:** За целите на пилотното изследване беше приложен корелационен анализ за установяване на взаимовръзки между отделните атлетически тестове.

➤ **Вариационен анализ:** За всеки измерван показател бяха изчислени основни описателни статистики – средна аритметична стойност, стандартно отклонение, минимални и максимални стойности, с цел определяне на нивото на измерваните показатели и тяхната вариативност, както в началния, така и в заключителния етап на основното изследване.

Беше извършен сравнителен анализ за установяване на статистически значими разлики. За оценка на ефекта от приложената методика във всяка група (експериментална и контролна) бяха използвани t-критерий на Стюдънт за зависими извадки.

За сравняване на двете независими групи (контролна и експериментална) бяха приложени t-критерий на Стюдънт за независими извадки в началния и заключителния етап на изследването.

Нивото на статистическа достоверност бе прието на $p \leq 0.05$.

Етапи на изследването

Изследването беше осъществено в рамките на две години и премина през следните етапи:

1. Проучване, обобщаване и анализ на литературните източници по проблема.

2. Създаване на организационно-методични предпоставки за изследване ефекта от методика с приоритетно използване на препятствени упражнения в етапа на начална спортна подготовка при лекоатлети.

3. Провеждане на предварително изследване, с което да се проучи синергетичният ефект на упражнения за мониторинг на подготвеността на подрастващи 12-13-годишни лекоатлети.

4. Провеждане на предварително тестиране на формираните експериментална и контролна групи.

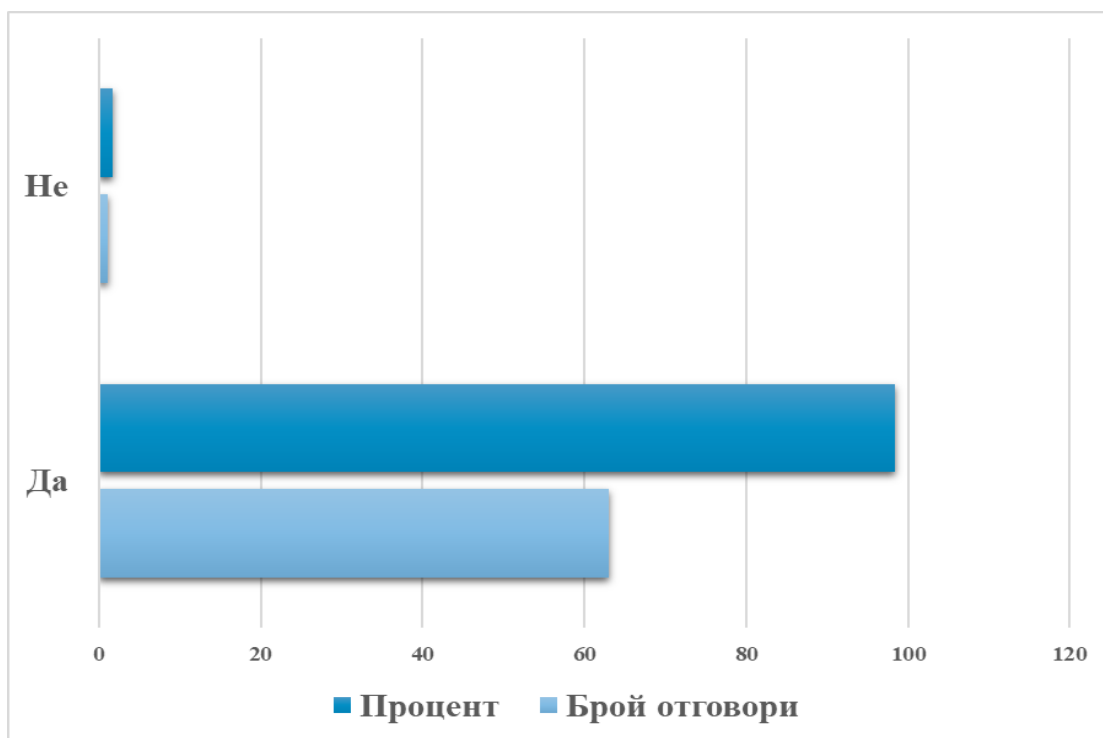
5. Осъществяване на спортно-педагогически експеримент за разкриване ефекта от приоритетно използване на препятствени упражнения.

6. Обработка и анализ на резултатите, получени от проведените изследвания.

АНАЛИЗ НА РЕЗУЛТАТИТЕ

Анализ на резултатите от проведеното анкетно проучване

След обработването на данните от анкетното допитване установи, че много голяма част от треньорите включват препятствените упражнения в методиката си за работа с подрастващи. 98,4% от анкетираните са посочили положителен отговор на зададения от нас въпрос „Включвате ли препятствени упражнения в работата си с подрастващи?“ (Фигура 10).



Фигура 10 Разпределение на отговорите относно включването на препятствени упражнения в работата с подрастващи.

Лекоатлетическите треньори преимуществено работят както с подскоци над препятствия, така и с упражнения с препятствия на място и с упражнения с препятствия за ритъм. Над 70% от спортните педагози посочват, че използват и трите групи упражнения в методиката си. При въпроса „Кой вид упражнения с препятствия предпочитате да използвате в работата си с подрастващи“ (Фигура 11) сме дали възможност за посочване на повече от един отговор.



Фигура 11 *Разпределение на отговорите относно кой вид упражнения с препятствия се прилага от треньорите при работа с подрастващи.*

Информацията, че се използват всички по-горе изброени групи упражнения напълно резонира с данните от следващия зададен въпрос – „С каква цел включвате упражнения с препятствия при работата ви при подрастващи?“ (Фигура 12). Голям процент от треньорите избират упражненията с препятствия, както за да подобрят двигателните способности на състезателите си, така и за усъвършенстване на техническите умения. 13,10% от анкетираните са посочили, че въздействат само за развиване на двигателни качества с препятствени упражнения, а едва 4,90% ги употребяват само за подобряване на техниката.



Фигура 12 *Разпределение на отговорите относно целта на включването на упражненията с препятствия при работа с подрастващи.*

С целенасочен въпрос кои двигателни способности на подрастващите развиват треньорите с препятствените упражнения (Фигура 13) стана ясно, че почти всички специалисти са единодушни - те разчитат на препятствените упражнения за подобряване на координационните способности на състезателите си. Бързина и гъвкавост също имат приоритет в отговорите. Интересен факт е, че педагозите неоснователно пренебрегват препятствените упражнения за подобряване на издръжливостта. Само четирима треньори са избрали като вариант за отговор това качество. При този въпрос дадохме възможност да се дадат повече от един отговор.



Фигура 13 Разпределение на отговорите относно това кои двигателни качества на подрастващите тренъорите имат за цел да развият с използваните препятствени упражнения.

На въпрос „Какви упражнения с бягане през препятствия включвате в работата си?“ (Фигура 14), който също имаше възможност за повече от един отговор, са посочени 24 пъти „специални бегови упражнения през препятствия“, а 21 – „бягане на препятствия при облекчени условия“ и това са общо 70,30% от изборите на тренъорите.



Фигура 14 Разпределение на отговорите какви упражнения с бягане през препятствия тренъорите включват в работата си с подрастващи.

Анализ на резултатите от проведеното пилотно изследване

Във връзка с решаването на третата основна задача от дисертационния труд беше подготвено и проведено изследване на синергетичния ефект на упражнения за тестиране на нивото на подготвеност на подрастващи лекоатлети от групите за начална спортна подготовка в леката атлетика.

Задълбоченият анализ на резултатите беше насочен към това какви са взаимодействията в развиването на двигателните способности в процеса на тренировъчния процес. От проведеното изследване стана ясно, че упражненията от настоящето изследване биха могли да бъдат модел за мониторинг на подготвеността на подрастващи 12-13-годишни атлети. Също така доказваният синергетичен ефект на упражненията ни дава основание, че те биха могли да бъдат основа за разработване на методика за подготовка на подрастващи лекоатлети с преимуществено прилагане на препятствени упражнения.

За изследване на бързината и скоростните способности използвахме следните тестове: 20 м спринт, 10 м спринт от летящ старт и Т-тест.

В спринтовите бягания на 20 м и 10 м летящ старт измерихме резултата на пробяганото разстояние в секунди с фотоклетки, както и броя крачки, с които се изминава дистанцията от всеки състезател. Отнесохме към следната формула $V = S/t$, където V е бързина, S – изминат път – в нашия случай брой крачки, и потърсихме корелационна зависимост. Изчислихме и стойността на скоростта в м/сек. Също така съпоставихме скоростта между изминатото разстояние и с броя крачки.

Направеният корелационен анализ на теста на 20 м (Таблица 5) показва, че силата на зависимост между двата показателя резултат и брой крачки е значителна, зависимостта е възходяща, и статистически съществена. Корелационната зависимост между скоростта и броят крачки е значителна, низходяща и статистически значима. Или с нарастване на скоростта намалява броят на крачките. При анализ на показателите време и скорост корелационната зависимост е много голяма, низходяща и статистически значима.

Таблица 5 *Корелационен анализ на синергитичния ефект на теста 20 м.*

20 м	скорост	време	брой крачки
скорост	1		
време	0,983	1	
брой крачки	0,629	0,673	1

Направеният корелационен анализ на теста на 10 м летящ старт (Таблица 6) между времето и броят на крачките показва, че силата на

зависимостта между двата показателя е силна, зависимостта е възходяща и статистически съществена.

Таблица 6 Корелационен анализ на синергитичния ефект на теста 10 м от летящ старт.

10 м от летящ старт	скорост	време	брой крачки
скорост	1		
време	0,955	1	
брой крачки	0,800	0,833	1

Корелационната зависимост между скоростта и броят на крачките е силна, низходяща и статистически значима. При анализ на показателите време и скорост корелационната зависимост е много голяма, низходяща и статистически значима. Или при по-бавно време, скоростта е по-ниска.

И при двата теста – 20 м и 10 м летящ старт беше установено, че при нарастване на скоростта намаляват броят на крачките, което ни дава основание да установим увеличената сила на задното отласкване при беговата крачка, както знаем това е един от най-важните компоненти при спринта.

Таблица 7 Корелационен анализ на синергитичния ефект на теста Т-тест.

Т-тест	време	брой крачки
време	1	
брой крачки	0,623	1

Т-тестът също беше подложен на корелационен анализ (Таблица 7). При този тест потърсихме зависимостта между времето и броя на крачките, а статистическата обработка показва значителна зависимост, възходяща и статистически съществена.

Тестовете, които заложихме за различна проява на издръжливостта, са совалково бягане 3x50 м совалка и вертикални подскоци за 30 сек.

При теста на 3x50 м на изследваните лица измерихме време и пулсова честота след края на бягането. Изчислихме и скоростта на изминатите 150 м на всеки от тестваните. Резултатите от показателите време и пулсова честота бяха подложени на корелационен анализ. Статистическата обработка показва, че зависимостта между тях е умерена (Таблица 8). Корелационният анализ на времето и скоростта обаче показва много силна обратно пропорционална зависимост, съпроводена с допустимата статистически достоверност.

Таблица 8 Корелационен анализ на синергитичния ефект на теста 3x50

м.

3x50 м	време	пулс	скорост
време	1		
пулс	0,390	1	
скорост	0,967	0,760	1

От използваната концепция, способността към проява на скоростна издръжливост е форма на проява на интензивността на преместването (Синт.), което се обуславя от показателите времетраене на усилието и скоростта. Тестът совалково бягане на 3x50 м потвърждава, че той е обективен критерий за оценка на способността към проява на скоростна издръжливост.

За изследване на способността на съхранение на величината на усилието (силовата издръжливост с динамичен характер) използвахме теста вертикални подскоци за 30 сек. Чрез него подложихме на измерване поддържането на височина на отскачане, силата, с която се въздейства върху платформата, вертикалната скорост и стойността на пулсовата честота след края на упражнението.

В корелационен анализ (Таблица 9) подложихме средната стойност на силата на въздействие, средната стойност на поддържаната височина на отскачане, средната стойност на вертикалната скорост и пулсовата честота. Резултатите от статистическата обработка показаха, че зависимостта между силата на въздействие и височината на отскачане е голяма, възходяща и статистически значима. При анализ на корелационната зависимост между пулсовата честота и стойността на средната височина статистическата обработка показва, че зависимостта е слаба, низходяща и статистически значима.

Таблица 9 Корелационен анализ на синергитичния ефект на теста
Вертикални подскоци за 30 сек.

Верт. подскоци за 30 сек	височина	сила	скорост	пулс
височина	1			
сила	0,736	1		
скорост	0,926	0,787	1	
пулс	-0,206	-0,015	-0,226	1

Слаба е зависимостта между пулсовата честота и средната стойност на приложената сила при отскок. Слаба е зависимостта им между вертикалната скорост и пулсовата честота. Ниските стойности на

корелация между пулсовата честота и останалите показатели ни дават основание да смятаме, че не е препоръчително и не можем да използваме този признак за оценка на силовата издръжливост с динамичен характер. Корелационната зависимост между скоростта и височината е много силна, а между скоростта и силата – силна. С оптимизиране на двата признака (F) и (t), то се покачва и нивото на (I) можем да обобщим, че по този начин се достигат и оптимални нива на специалната силова издръжливост.

В изследването приложихме на статистическа обработка и единичен максимален вертикален отскок на тензоплатформа. Съпоставихме височината и приложената сила на отскок, както и силата на отскока и скоростта на отскачане (вертикална скорост).

Корелационният анализ на първите два показателя – височината на приложената сила показва, че зависимостта между тях е силна, възходяща и статистически значима (Таблица 10). Резултатите от корелационния анализ на сила на отскока и вертикалната скорост показват, че зависимостта между тях е голяма, възходяща и статистически значима.

Таблица 10 Корелационен анализ на синергитичния ефект на теста
Вертикален отскок.

Вертикален отскок	височина	сила	скорост
височина	1		
сила	0,707	1	
скорост	0,563	0,843	1

Скок дължина от място с отскачане от тензоплатформа подложихме на корелационен анализ дължината и приложената сила при отскока (Таблица 11). Двата показателя имат значителна зависимост, възходяща и е статистически значима.

Таблица 11 Корелационен анализ на синергитичния ефект на теста
Скок дължина от място.

СДМ	СДМ - дължина	СДМ - сила
СДМ - дължина	1	
СДМ - сила	0,525	1

Тестът троен кенгурувиден скок от място също беше подложен на статистическа обработка (Таблица 12). С корелационен анализ изследвахме измерените данни от теста – време за изпълнение, реализирана дължина и скорост на изпълнение. Зависимостта между времето и дължината е слаба, обратнопропорционална и статистически

зависимост. Същевременно корелационната зависимост между времето и скоростта е значителна, а между скоростта и дължината е силна.

Таблица 12 *Корелационен анализ на синергитичния ефект на теста Троен кенгурувиден скок.*

Троен кенгурувиден скок	време	дължина	скорост
време	1		
дължина	0,052	1	
скорост	0,685	0,725	1

Съгласно използваната концепция, следващият изследван от нас управляващ параметър е свързан с мощността (скоростно-силови способности с взривен характер). Същият се определя от следната формула - $P=V.F$, където P е мощността, V – скоростния показател и F – е силовият показател. Това еднозначно показва, признаците характеризиращи скоростно-силовите способности се покачват при повишаване нивото на кондицията по отношение на вложената сила и скоростта (времето на летеж) на тялото (Гъдев, 2015).

Анализ на резултатите от педагогическия експеримент

Анализ на средните стойности и вариативността на показателите от проведените изследвания

Данните от проведените тестирания, проведени в началото и в края на спортнопедагогическия експеримент, бяха подложени на статистическа обработка по методите на вариационния анализ и за проверка на хипотезата за сравняване на средноаритметични величини, чрез определяне на емпиричната стойност на t -критерия на Стюдънт за зависими и независими извадки.

При сравнението на данните, както е видно и от представянето им на Таблица 13, няма съществено различие в изходното ниво на включените в двете изследвани групи подрастващи. В голямата част от проведените тестове статистическият анализ не установи съществени разлики между двете изследвани групи. Изключение прави само един от общо 18 теста.

Повторната оценка на нивото на постиженията в тестовете след проведения спортно-педагогически експеримент потвърди, че нивото на кондиционните показатели на изследваните подрастващи лекоатлети се е подобрило.

Таблица 13 Данни от вариационния анализ и достоверност на прираста в абсолютни (*d*) и относителни (%) стойности на постиженията от експерименталната и контролната група в началото на експеримента.

	Контролна група - начало			Експериментална група - начало			d	%	t-emp	t – tabl $\alpha=0,05$
Тест	Хср	Sx	V%	Хср	Sx	V%				
T1	3,90	0,33	8,46	3,93	0,33	8,39	0,03	0,76	0,73	1,98
T1_1	15,76	0,74	4,69	15,75	1,18	7,49	-0,01	0,06	0,50	1,98
T2	1,69	0,19	11,24	1,68	0,18	10,71	-0,01	0,59	0,34	1,98
T2_1	7,93	1,09	13,74	7,72	1,05	13,60	-0,21	2,64	0,96	1,98
T3	12,22	1,34	10,96	12,03	1,04	8,64	-0,19	1,55	0,79	1,98
T4	30,18	3,20	10,60	30,20	3,40	11,25	0,02	0,06	0,29	1,98
T4_1	182,54	13,39	7,33	178,82	9,92	5,54	-3,72	2,03	1,59	1,98
T5	158,90	23,39	14,71	160,84	26,29	16,34	1,94	1,22	0,39	1,98
T5_1	219,34	73,29	33,41	204,17	64,92	31,79	-15,17	6,91	1,10	1,98
T6	17,12	4,54	26,51	17,23	3,63	21,06	-0,11	0,64	0,14	1,98
T6_1	69,57	21,57	31,00	69,58	13,38	19,23	0,01	0,04	0,21	1,98
T6_2	1,77	0,24	13,55	1,79	0,20	11,17	0,02	1,12	0,53	1,98
T6_3	181,56	12,54	6,90	183,92	10,01	5,44	2,36	1,29	1,04	1,98
T7	5,19	0,77	14,83	5,15	0,66	12,81	-0,44	0,77	0,21	1,98
T7_1	2,60	0,48	18,46	2,48	0,48	19,35	-0,12	4,61	1,23	1,98
T8	29,73	4,84	16,27	28,13	5,88	20,90	-1,6	5,38	1,49	1,98
T8_1	98,85	20,65	20,89	87,56	18,22	20,80	11,29	11,42	2,92	1,98
T8_2	2,92	0,25	8,56	2,33	0,32	13,73	-0,59	20,20	0,92	1,98

Това свидетелства, че както наложилата се в практиката система за подготовка по ЕП, така и новата експериментална методика за подготовка на подрастващи лекоатлети, водят до съществено и достоверно развиване на основните кондиционни способности при лекоатлети от възрастовата група под 14 г. Сравнението на резултатите на двете групи от тестирането, проведено в края на експеримента са представени на Таблица 16 и Фигура 18.

Резултатите от анализа при експерименталната група показват отчетлива тенденция към подобрение във всички изследвани компоненти. Данните от изследването в началото на експеримента и в края му - след приложената авторска методика с преимуществено използване на препятствени упражнения, са изнесени в Таблица 14.

Таблица 14 Данни от вариационния анализ и достоверност на прираста в абсолютни (*d*) и относителни (%) стойности на постиженията от експерименталната група в началото и края на експеримента.

	Експериментална група - начало			Експериментална група - край			d	%	t-emp	t – tabl $\alpha=0,05$
Тест	Хср	Sx	V%	Хср	Sx	V%				
T1	3,93	0,33	8,39	3,55	0,31	8,73	-0,38	9,66	38,88	2,01
T1_1	15,75	1,18	7,49	14,56	1,13	7,76	-1,19	7,55	23,53	2,01
T2	1,68	0,18	10,71	1,52	0,15	9,86	-0,16	9,52	12,52	2,01
T2_1	7,72	1,05	13,60	6,22	0,96	15,43	-1,15	19,43	19,89	2,01

T3	12,03	1,04	8,64	11,53	1,00	8,67	-0,5	4,15	6,70	2,01
T4	30,20	3,40	11,25	29,40	3,21	10,91	-0,80	2,64	6,18	2,01
T4_1	178,82	9,92	5,54	171,27	10,80	6,30	-7,55	4,22	7,05	2,01
T5	160,84	26,29	16,34	185,49	26,56	14,31	24,65	15,32	27,14	2,01
T5_1	204,17	64,92	31,79	229,08	72,18	31,50	24,91	12,20	5,08	2,01
T6	17,23	3,63	21,06	18,34	3,69	20,11	1,11	6,44	11,35	2,01
T6_1	69,57	13,38	19,23	81,57	13,99	17,15	12,0	17,24	24,61	2,01
T6_2	1,79	0,20	11,17	1,65	0,21	12,72	-0,14	7,82	13,71	2,01
T6_3	183,92	10,01	5,44	176,86	9,69	5,47	-7,06	3,83	10,04	2,01
T7	5,15	0,66	12,81	5,59	0,67	11,98	0,44	8,54	16,49	2,01
T7_1	2,48	0,48	19,35	2,44	0,48	19,67	-0,04	1,61	0,75	2,01
T8	28,13	5,88	20,90	29,18	5,74	19,67	1,05	0,03	5,01	2,01
T8_1	87,56	18,22	20,80	90,68	21,18	23,35	3,12	3,56	2,90	2,01
T8_2	2,33	0,32	13,73	2,12	0,31	14,62	-0,21	9,01	14,50	2,01

Резултатите в контролната група показват по-малки изменения, но също подобренията са значителни, но при някои от тестовете, както е видно от Таблица 15.

Таблица 15 Данни от вариационния анализ и достоверност на прираста в абсолютни (d) и относителни (%) стойности на постиженията от контролната група в началото и края на експеримента

Тест	Контролна група - начало			Контролна група - край			d	%	t-emp	t – tabl $\alpha=0,05$
	Xcp	Sx	V%	Xcp	Sx	V%				
T1	3,90	0,33	8,46	3,71	0,31	8,35	-0,19	4,87	34,09	2,01
T1_1	15,76	0,74	4,69	15,77	0,75	4,75	0,01	0,06	1,0	2,01
T2	1,69	0,19	11,24	1,61	0,18	11,18	-0,08	4,73	10,21	2,01
T2_1	7,93	1,09	13,74	6,87	1,15	16,73	-1,06	13,36	21,26	2,01
T3	12,22	1,34	10,96	12,11	1,35	11,14	-0,11	0,90	8,18	2,01
T4	30,18	3,20	10,60	29,88	3,19	10,67	-0,3	0,99	4,71	2,01
T4_1	182,54	13,39	7,33	180,19	11,57	6,42	-2,35	1,28	2,71	2,01
T5	158,90	23,39	14,71	178,66	24,98	13,98	19,76	12,43	25,14	2,01
T5_1	219,34	73,29	33,41	223,37	76,28	34,14	4,03	1,83	1,71	2,01
T6	17,12	4,54	26,51	17,15	4,59	26,76	0,03	0,17	1,91	2,01
T6_1	69,57	21,57	31,00	74,14	21,31	28,74	4,57	6,56	21,37	2,01
T6_2	1,77	0,24	13,55	1,76	0,25	14,20	-0,01	0,56	0,54	2,01
T6_3	181,56	12,54	6,90	178,03	10,95	6,15	-3,53	1,94	4,82	2,01
T7	5,19	0,77	14,83	5,40	0,71	13,14	0,21	4,04	5,50	2,01
T7_1	2,60	0,48	18,46	2,74	0,70	25,54	0,14	5,38	2,16	2,01
T8	29,73	4,84	16,27	29,76	5,12	17,20	0,03	0,10	0,22	2,01
T8_1	98,85	20,65	20,89	99,01	19,33	19,52	0,16	0,16	1,43	2,01
T8_2	2,92	0,25	8,56	2,27	0,26	11,45	-0,65	22,26	3,04	2,01

Важен етап от анализа на ефективността на експерименталната методика с приоритетно използване на препятствени упражнения е директното сравнение на резултатите между контролната и експерименталната група в края на педагогическия експеримент. Това

сравнение позволява да се установи до каква степен приложената тренировъчна програма е повлияла върху развиването на целевите двигателни способности в сравнение със стандартната тренировъчна практика, на която е подложена контролната група.

Данните от Таблица 16 и Фигура 18 показват, че експерименталната група демонстрира по-добри резултати спрямо контролната във всички анализирани показатели.

Анализът на резултатите в края на експеримента разкрива статистически значими различия между контролната и експерименталната група по повечето от изследваните показатели. Значимост на разликите е установена при тестовете T1, T1_1, T2, T2_1, T3, T4_1, T6, T6_1, T6_2, T6_3, T7, T7_1, T8_1 и T8_2 ($t_{\text{emp}} > t_{\text{tabl}}$ при $\alpha=0,05$). Това свидетелства за отчетливо по-добри резултати в експерименталната група, което потвърждава ефективността на приложената експериментална методика за подготовка.

Таблица 16 Данни от вариационния анализ и достоверност на различията в абсолютни (d) и относителни (%) стойности на постиженията от двете групи в края на експеримента

Тест	Контролна група - край			Експериментална група - край			d	%	t-emp	t – tabl $\alpha=0,05$
	Xcp	Sx	V%	Xcp	Sx	V%				
T1	3,71	0,31	8,35	3,55	0,31	8,73	-0,16	4,31	2,42	1,98
T1_1	15,77	0,75	4,75	14,56	1,13	7,76	-1,21	7,67	6,32	1,98
T2	1,61	0,18	11,18	1,52	0,15	9,86	-0,09	5,59	2,58	1,98
T2_1	6,87	1,15	16,73	6,22	0,96	15,43	-0,65	9,46	3,08	1,98
T3	12,11	1,35	11,14	11,53	1,00	8,67	-0,58	4,78	2,45	1,98
T4	29,88	3,19	10,67	29,40	3,21	10,91	-0,48	1,60	0,75	1,98
T4_1	180,19	11,57	6,42	171,27	10,80	6,30	-8,92	4,95	4,02	1,98
T5	178,66	24,98	13,98	185,49	26,56	14,31	6,83	3,82	1,33	1,98
T5_1	223,37	76,28	34,14	229,08	72,18	31,50	5,71	2,55	0,38	1,98
T6	17,15	4,59	26,76	18,34	3,69	20,11	1,19	6,93	2,43	1,98
T6_1	74,14	21,31	28,74	81,57	13,99	17,15	7,43	10,02	2,08	1,98
T6_2	1,76	0,25	14,20	1,65	0,21	12,72	-0,11	6,25	2,41	1,98
T6_3	178,03	10,95	6,15	176,86	9,69	5,47	-1,17	0,65	2,57	1,98
T7	5,40	0,71	13,14	5,59	0,67	11,98	0,19	3,51	2,38	1,98
T7_1	2,74	0,70	25,54	2,44	0,48	19,67	-0,3	10,94	2,47	1,98
T8	29,76	5,12	17,20	29,18	5,74	19,67	-0,58	1,94	0,53	1,98
T8_1	99,01	19,33	19,52	90,68	21,18	23,35	-8,33	8,41	2,09	1,98
T8_2	2,27	0,26	11,45	2,12	0,31	14,62	-0,15	6,60	2,65	1,98

По част от тестовете (T4, T5, T5_1 и T8) не се установиха статистически значими различия между двете групи. Тези резултати могат да се обяснят с факта, че експерименталната програма оказва по-силен ефект върху определени качества и умения, докато върху други

въздействието ѝ е по-слабо изразено, но трябва да се има предвид и координационните различия на децата.

По отношение на скоростните качества, измерени чрез спринтовите тестове (Т1 и Т2), ЕГ показва по-ниски средни времена спрямо КГ. Например, при Т1 (спринт на 20 м) времето в ЕГ е средно 3,55 сек спрямо 3,71 сек в КГ. Подобна тенденция се наблюдава и при Т2, където ЕГ постига по-висока скорост, по-малък брой крачки и по-добра двигателна ефективност. При анализа Т3 ЕГ отново демонстрира по-добро време на изпълнение. И трите теста са с насоченост към бързината, а резултатите от направения експеримент сочат за значително подобрене в синергетичния им ефект съотнесен към специални скоростни способности, скоростна издръжливост и честота на движения на ЕГ съотнесено към КГ.

В показателите на Т4 и Т4_1, отразяващи проявата на скоростната издръжливост, се откроява ясно изразено преимущество на експерименталната група както по отношение на времето за изпълнение, така и по отношение на пулсовата честота след натоварване. По-ниската пулсова реакция при ЕГ в края на експеримента индикира по-добрата сърдечно-съдова адаптация, което е пряк резултат от целенасоченото въздействие на тренировъчния план.

Резултатите от тестовете за силови и скоростно-силови качества също подкрепят ефективността на експерименталната програма. При скок дължина от място (Т5) и вертикалните подскоци (Т6) участниците от ЕГ демонстрират както по-високи стойности в скока на дължина и в отскока на височина, така и по-голяма сила на отгласкване в двата теста. При Т6_2 – средна скорост на вертикалния подскок – ЕГ надминава КГ, което говори за по-добра експлозивност и мускулна активация.

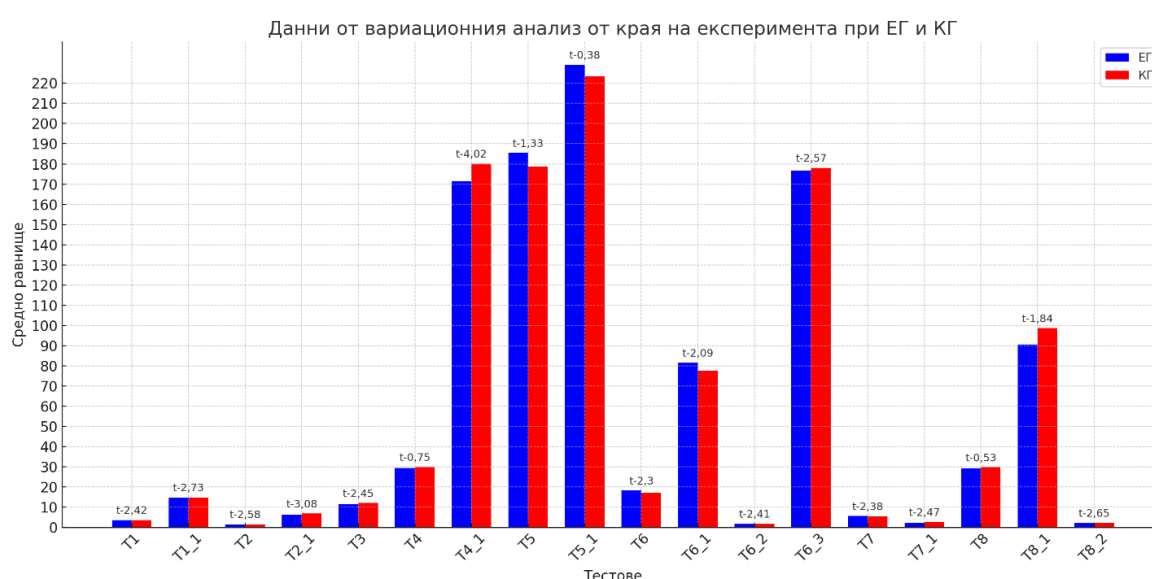
Измерванията от тройния кенгурувиден скок (Т7) и единичния вертикален отскок (Т8) също са в полза на ЕГ. Съществените различия свидетелстват за по-значително подобрене в скоростно-силовите възможности на лекоатлетите в ЕГ.

Обобщено казано, в почти всички показатели, ЕГ превъзхожда КГ както по абсолютни стойности, така и по хомогенност на резултатите. Статистическият анализ потвърждава, че разликите не са случайни, а са резултат от целенасочена методическа дейност.

Проведеният вариационен анализ на средните стойности и степента на вариативност показва, че приложената експериментална методика с приоритетно използване на препятствени упражнения оказва съществено и статистически достоверно влияние върху развиването на основните кондиционни способности при подрастващи лекоатлети. Докато в началото на педагогическия експеримент двете изследвани групи не показват значими различия, в края на изследването се установяват отчетливи подобрения в експерименталната група по отношение на скорост, скоростна издръжливост, силови и скоростно-силови качества. Тези

промени се изразяват както в понижаване на средните времена при скоростните тестове и намаляване на пулсовата честота след натоварване, така и в повишаване на стойностите при силовите показатели. Съпътстващото редуциране на коефициента на вариация в значителна част от тестовете свидетелства за повишена хомогенност в групата и равномерно разпределение на напредъка.

За разлика от тях, контролната група демонстрира по-ограничен и без съществени подобрения в хомогенността на резултатите. Сравнителният анализ между двете групи в края на експеримента категорично очертава предимството на експерименталната методика, която води до по-ефективно развиването на целевите двигателни способности и по-добра адаптация на функционалните системи.



Фигура 18 Средно равнище на постиженията на изследваните атлети от ЕГ и КГ в края на експеримента.

Анализ на взаимовръзките между постиженията в отделните тестове и показатели преди и след експеримента

Корелационният анализ е приложен с цел да се установи степента на връзка между отделните двигателни, силови, координационни и физиологични показатели, както и промените в тази взаимовръзка в резултат на прилаганата авторска методика с преимуществено използване на препятствени упражнения. За целите на анализа е използван коефициентът на обикновена линейна корелация на Пирсън (r), а статистическата значимост е определяна при ниво на значимост $\alpha=0,05$, като табличната стойност на критичните стойности е 0,27. Анализът обхваща както ЕГ, така и КГ, с цел да се проследи разликата в динамиката на взаимовръзките под въздействието на различни

тренировъчни методики. Подробният коментар върху всяка взаимовръзка се основава както на количествените стойности на коефициентите, така и на тяхната функционална интерпретация в контекста на синергетичната теория, залегнала в основата на изследването. Всяка промяна в структурата на взаимовръзките се разглежда като потенциален маркер за преструктуриране и интеграция на двигателната система при подрастващи.

На таблици 25 и 26 са представени стойностите на изчисления коефициент на корелация между постиженията в тестовете приложени в началото и края на експеримента при контролната и експерименталната група.

На база на количествения анализ на корелационните матрици в началото на експеримента се наблюдава наличие на по-голяма плътност на взаимовръзките в КГ, докато в ЕГ те са по-малко на брой, но с по-висока степен на функционална свързаност. Това съответства на начална фаза на самоорганизация, характерна за динамичните системи в пред-бифуркационно състояние, при което двигателната система още не е структурирана, но е в готовност за преминаване в следващата фаза на преструктуриране.

Някои от тестовете – като вертикални подскоци за 30 сек – средна сила, вертикален подскок – сила, скок дължина от място – дължина и троен кенгурувиден скок – дължина, показваха по-високи взаимовръзки с времевите показатели на спринтовите тестове, което е индикатор за потенциална интеграция между силовите и скоростните подсистеми.

Липсата на корелационни връзки между някои показатели може да се разглежда като отражение на ниска степен на интеграция и функционална координация между двигателните компоненти. Това съответства на по-ниска фаза на свързаност, при която системата реагира слабо на вътрешни флуктуации и все още не е влязла в състояние на адаптивно пренареждане.

В края на експеримента могат да се видят промените в нивото на корелационните коефициенти между постиженията в 18-те теста, проведени с ЕГ и КГ преди и след педагогическия експеримент.

При ЕГ наблюдаваме засилване в матрицата на корелационните зависимости в края на педагогическия експеримент.

Така например, взаимовръзката между Т-тест и 10 м – време прераства в значителна корелация ($r = 0,617$), а тази на Т-тест със времевия измерител на совалковото бягане 3x50 м се увеличава ($r = 0,767$). Това е ключов показател за трансфер на скоростта към сложни координационни задачи, и е сигнал за функционален синергетичен ефект на усъвършенствана интеграция между скоростни и координационни възможности. След прилагането на експерименталната методика с преимуществени използване на препятствени упражнения Т-тестът показва значително засилване на връзките с другите тестове за линейна скорост и скоростна издръжливост ($T2 - r = 0,617$, $T4 - r = 0,767$).

След приложената експериментална методика с преимуществено използване на препятствени упражнения при ЕГ другият показател на СДМ – сила също са настъпили умерени отрицателни корелации с времевите показатели на 20 м ($r = -0,360$), 10 м от летящ старт ($r = -0,386$) и 3x50 м ($r = -0,312$). Засилва се и корелацията на между двата показателя на СДМ – дължина и сила ($r = 0,369$).

Настъпилите промени са емпирично доказателство за положителна трансформация към двигателни способности, изискващи пространствени конфигурации и свидетелства за увеличаване на свързаността между скоростно-силови показатели и координационни параметри на спринта. Тази промяна също може да бъде тълкувана като проява на синергетична реструктуризация на двигателната система.

Верткалният подскок за 30 сек – средна скорост също развива корелационни зависимости с беговите тестове. Така например, установихме нова умерена отрицателна връзка между Т6_2 и 20 м – брой крачки ($r = -0,347$), а несъществуващата корелация в началото на експеримента между Т6_2 и 10 м от летящ старт – време в края на експеримента е значителна отрицателна ($r = -0,508$).

Установихме и умерена отрицателна корелация в ЕГ между пулсовата честота, измерена след вертикални подскоци за 30 сек със силовите показатели на СДМ ($r = -0,344$) и вертикален подскок за 30 сек – сила ($r = -0,313$). От гледна точка на синергетичния подход, това е индикатор за по-висока степен на вътрешна координация и ефективност на функционалните подсистеми, водещи до по-икономична работа на организма при физическо усилие.

Нова умерена корелация наблюдаваме след експеримента при ЕГ и между троен кенгурувиден – време и 10 м от летящ старт – брой крачки ($r = 0,403$).

При КГ наблюдаваме новосъздадени връзки в корелационната матрица единствено на Т8_2. Вертикалният подскок – скорост установява умерена отрицателна корелация с Т1 ($r = -0,395$), Т2 ($r = -0,398$), Т2_1 ($r = -0,363$), Т4 ($r = -0,356$).

Като причина за това, че в КГ не се наблюдава съществено развитие или разширяване на корелационната структура, отчитаме запазване на натоварващия дразнител. Отсъствието на нови функционални взаимовръзки между тестовете подсказва, че двигателната система не е преминала през състояние на вътрешно реструктуриране. От гледна точка на синергетичния модел това показва, че системата не е навлязла в бифуркационна зона, не е получила достатъчно външен стимул за адаптация и не е повишила нивото си на вътрешна координация. Следователно, двигателните подсистеми в КГ остават сравнително автономни и слабо свързани, което се проявява в запазване на съществуващите, но ограничени взаимовръзки.

Проведеният корелационен анализ между отделните тестове и показатели преди и след педагогическия експеримент разкрива съществени промени в структурната организация на двигателната система, особено в ЕГ, която води подготовка според методиката с преимуществено използване на препятствени упражнения.

В изходното ниво корелационната матрица при ЕГ и КГ показва сходна плътност, като при КГ се наблюдава по-голям брой връзки, но с по-ниска функционална значимост. След прилагането на експерименталната методика при участниците в ЕГ настъпват отчетливи трансформации – появяват се нови взаимовръзки между показатели, които преди това са били независими, а съществуващите корелации укрепват. Това е ясен индикатор за повишена системна интеграция и за възникване на нови синергии между двигателните компоненти.

Особено характерна е засилената взаимовръзка между показателите на беговите тестове и тези, оценяващи скоростно-силовата проява (вертикален подскок, скок дължина от място, троен кенгурувиден скок). Появата на нови корелации между координационни и скоростни тестове (напр. между Т-тест и 10 м от летящ старт - време) показва, че двигателната система започва да функционира по-ефективно като цялост, което от своя страна е основна характеристика на синергетичната самоорганизация. Подобни трансфери на способности са индикатор за повишена адаптивност и системна икономия в енергийната регулация на движението.

В края на педагогическия експеримент при КГ, в която атлетите преминаха през тренировъчен цикъл, подготвен в смисъла на ЕП, структурата на взаимовръзките остана почти непроменена.

Таблица 25 Резултати от корелационния анализ на данните за ЕГ преди и след експеримента.

ЕГ ПРЕДИ ЕКСПЕРИМЕНТА	T1	T1_1	T2	T2_1	T3	T4	T4_1	T5	T5_1	T6	T6_1	T6_2	T6_3	T7	T7_1	T8	T8_1	T8_2	ЕГ СЛЕД ЕКСПЕРИМЕНТА
	T1	1	,508**	,878**	,280*	,731**	,859**	0,074	-,701**	-,360**	-,596**	-,520**	-,598**	,334*	-,769**	0,098	-,773**	-,533**	-,534**
	T1_1	,528**	1	,409**	,427**	,309*	,372**	,316*	-,462**	-0,154	-0,264	-0,266	-,347*	,412**	-,488**	0,269	-,409**	-0,221	-0,241
	T2	,830**	,479**	1	,331*	,617**	,790**	0,181	-,644**	-,386**	-,465**	-,398**	-,508**	0,236	-,709**	0,263	-,660**	-,420**	-,409**
	T2_2	,328*	,455**	,354*	1	0,095	0,128	0,126	-,283*	-0,272	-0,211	-0,205	-0,199	0,260	-0,179	,403**	-0,148	-0,152	-0,054
	T3	,700**	,372**	,476**	0,086	1	,767**	0,103	-,554**	-0,239	-,434**	-,552**	-,476**	,342*	-,565**	-0,095	-,543**	-,455**	-0,253
	T4	,838**	,382**	,725**	0,160	,644**	1	0,100	-,669**	-,312*	-,565**	-,543**	-,543**	,382**	-,739**	0,028	-,696**	-,598**	-,487**
	T4_1	-0,045	,366**	0,135	,301*	-0,040	-0,024	1	-0,116	-0,032	-0,108	0,007	-0,180	,383**	-0,141	0,256	-0,009	0,054	-0,029
	T5	-,691**	-,407**	-,656**	-0,234	-,583**	-,684**	-0,016	1	,369**	,499**	,621**	,501**	-,312*	,862**	-0,099	,739**	,585**	,408**
	T5_1	-0,269	-0,171	-0,262	-0,084	-0,229	-0,221	-0,022	0,263	1	0,198	0,233	0,160	-,344*	,293*	-0,091	0,254	0,197	0,249
	T6	-,582**	-,281*	-,385**	-,305*	-,431**	-,544**	-0,063	,532**	0,127	1	,537**	,829**	-,301*	,527**	-0,170	,566**	,293*	,329*
	T6_1	-,542**	-0,271	-,348*	-0,241	-,533**	-,551**	0,098	,633**	0,194	,544**	1	,485**	-,313*	,607**	0,106	,581**	,798**	,280*
	T6_2	-,589**	-0,268	-,361**	-0,167	-,463**	-,573**	-0,028	,522**	0,130	,912**	,499**	1	-,305*	,491**	-0,170	,559**	,332*	,384**
	T6_3	,351*	,437**	,280*	,396**	,354*	,352*	,450**	-,287*	-0,226	-,346*	-0,253	-,313*	1	-,344*	0,053	-0,168	-0,214	-0,211
	T7	-,749**	-,477**	-,659**	-0,197	-,614**	-,719**	-0,063	,850**	,286*	,567**	,607**	,596**	-,319*	1	-0,042	,777**	,604**	,525**
	T7_1	0,178	0,248	,284*	0,259	-0,024	0,163	,345*	-0,071	-0,035	-0,262	0,057	-0,209	0,179	-0,095	1	-0,060	0,157	-0,031
	T8	-,762**	-,364**	-,656**	-0,137	-,528**	-,681**	0,108	,767**	0,251	,516**	,601**	,549**	-0,137	,821**	-0,107	1	,637**	,598**
	T8_1	-,534**	-0,242	-,364**	-0,158	-,418**	-,569**	0,196	,593**	0,197	,337*	,816**	,396**	-0,155	,613**	0,144	,660**	1	,547**
	T8_2	-,561**	-0,207	-,382**	-0,151	-0,266	-,542**	0,148	,454**	0,218	,396**	,398**	,472**	-0,140	,549**	-0,054	,668**	,693**	1

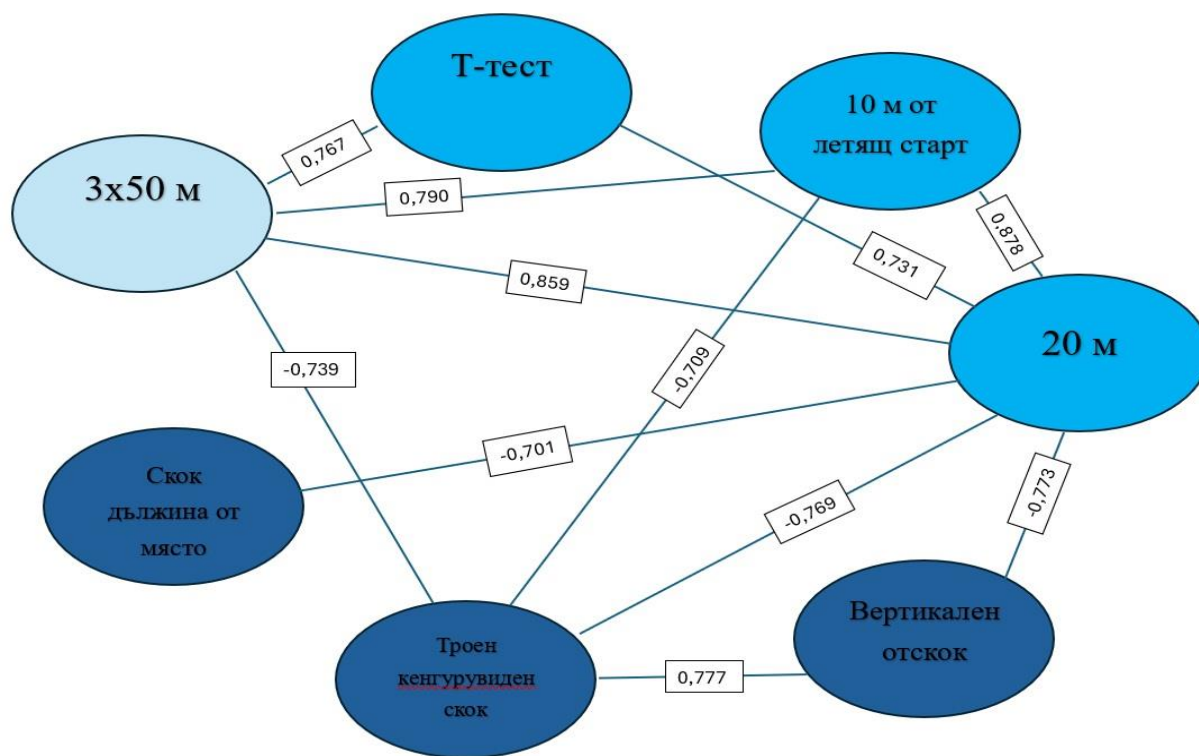
Таблица 26 Резултати от корелационния анализ на данните за КГ преди и след експеримента.

КГ ПРЕДИ ЕКСПЕРИМЕНТА	КГ	T1	T1_1	T2	T2_1	T3	T4	T4_1	T5	T5_1	T6	T6_1	T6_2	T6_3	T7	T7_1	T8	T8_1	T8_2	КГ СЛЕД ЕКСПЕРИМЕНТА
	T1	1	,556**	,849**	,602**	0,268	,868**	0,020	-,697**	-0,051	-,580**	-0,073	-,535**	-0,077	-,644**	0,239	-,780**	-0,109	-,395**	
	T1_1	,559**	1	,677**	,555**	,350*	,646**	-0,126	-,638**	-0,159	-,417**	-0,213	-,449**	-0,100	-,580**	0,177	-,653**	-0,185	-,284*	
	T2	,836**	,612**	1	,774**	,435**	,839**	-0,124	-,757**	-0,159	-,490**	-0,095	-,502**	-0,163	-,740**	,317*	-,767**	-0,117	-,398**	
	T2_2	,593**	,416**	,750**	1	,443**	,648**	-,350*	-,680**	-0,196	-,305*	0,079	-,294*	-,392**	-,582**	0,132	-,586**	0,004	-,363**	
	T3	0,269	,391**	,455**	,355*	1	,322*	0,038	-0,191	-0,047	0,033	0,097	-0,116	-0,055	-0,202	,336*	-0,199	0,011	-0,124	
	T4	,857**	,646**	,832**	,553**	,322*	1	-0,007	-,731**	-0,204	-,535**	-0,211	-,498**	-0,142	-,734**	,296*	-,775**	-0,188	-,356*	
	T4_1	-0,024	-0,192	-0,202	-,431**	-0,055	-0,062	1	0,170	0,174	0,115	-0,080	0,067	,839**	0,084	-0,145	0,058	-0,263	0,035	
	T5	-,674**	-,580**	-,722**	-,634**	-0,155	-,686**	0,144	1	0,176	,545**	0,250	,573**	0,273	,858**	-0,159	,841**	0,211	,320*	
	T5_1	0,009	-0,160	-0,114	-0,066	-0,013	-0,179	0,160	0,170	1	0,171	,554**	0,131	0,205	0,265	0,002	0,026	,441**	-0,099	
	T6	-,561**	-,372**	-,389**	-,303*	0,052	-,534**	0,037	,506**	0,174	1	,454**	,905**	0,214	,497**	-0,171	,710**	,277*	,404**	
	T6_1	-0,055	-0,218	-0,032	0,158	0,114	-0,233	-0,125	0,253	,539**	,471**	1	,416**	-0,020	,280*	-0,076	0,181	,795**	-0,039	
	T6_2	-,550**	-,376**	-,349*	-0,177	-0,045	-,528**	-0,084	,472**	0,136	,908**	,527**	1	0,187	,511**	-0,178	,706**	0,232	,343*	
	T6_3	-0,086	-0,217	-0,181	-,348*	-0,021	-0,169	,856**	0,246	0,249	0,246	0,037	0,141	1	0,174	-,301*	0,180	-0,190	0,080	
	T7	-,619**	-,520**	-,657**	-,353*	-0,166	-,716**	-0,091	,764**	0,261	,476**	,343*	,494**	0,056	1	-0,086	,782**	,289*	,340*	
	T7_1	0,205	0,223	,373**	,384**	,383**	,286*	-,363**	-0,191	0,121	-0,052	0,096	0,014	-,287*	-0,008	1	-0,205	0,031	-0,047	
	T8	-,771**	-,606**	-,712**	-,536**	-0,201	-,765**	0,016	,804**	-0,010	,691**	0,165	,675**	0,160	,729**	-0,202	1	0,144	,526**	
	T8_1	-0,102	-0,211	-0,139	0,118	0,026	-,295*	-0,183	0,262	,465**	,303*	,855**	,331*	-0,024	,381**	0,083	0,149	1	0,180	
	T8_2	-0,226	-0,202	-0,230	-0,063	-0,053	-0,267	-0,103	,351*	0,071	,421**	0,205	,429**	0,086	,393**	-0,056	,462**	,332*	1	

Методика на оценяване нивото на кондиционна подготовка

Обобщените резултати от педагогическия експеримент и проведените анализи показват ясно проявен синергетичен ефект при използването на лекоатлетически препятствени упражнения в подготовката на 12-13-годишни спортисти. Предложената авторска методика демонстрира висока ефективност при развиване на основните двигателни способности – сила, различните форми на проява на двигателния скоростен потенциал, скоростно-силовите способности и скоростната издръжливост.

Въз основа на резултатите и анализа от педагогическия експеримент бе създадена оценъчна таблица за определяне на кондиционното състояние на лекоатлети на възраст 12–13 години. Подборът на тестове, включени в таблицата, се базира на резултатите от корелационния анализ на експерименталната група след края на експеримента, при който бяха определени тестове с най-високи взаимозависимости помежду си, показани на Фигура 44. От общо 18 приложени теста в изследването, бяха подбрани седем, които показваха най-силни връзки и същевременно могат да бъдат лесно и обективно провеждани в реална тренировъчна среда. Тази методика позволява интегрирана количествена и качествена оценка на нивото на развитие на скоростните и скоростно-силовите способности при състезателите в разглежданата от нас възрастова група.



Фигура 44 Ниво на корелация между тестовете в края на експеримента при ЕГ, включени в оценъчната таблица.

В таблица 17 са представени изчислените сигмални оценки за всеки от седемте теста, включени в комплексната оценка на скоростно-силовата подготовка.

Разработената оценъчна таблица предоставя надежден инструмент за оценка и мониторинг на нивото на кондиционната подготовка на лекоатлети на възраст 12–13 г. Тя може да се използва както за диагностика на текущото ниво на подготовка, така и за проследяване на ефекта от тренировъчните въздействия в рамките на различни етапи от годишния тренировъчен цикъл.

Таблица 17 Оценъчна таблица за определяне на кондиционното състояние на лекоатлети на възраст 12–13 години

Тест	20 м (сек)	10 м от ЛС (сек)	Т-тест (сек)	3x50 м (сек)	СДМ (см)	Троен кенг. скок (м)	Вертикален отскок (см)
Словесна оценка							
Висока	Под 2,93	Под 1,22	Под 9,53	Под 22,98	Над 238,61	Над 6,93	Над 40,66
Над средната	2,93-3,23	1,22-1,36	9,53-10,52	22,98 -26,18	212,06-238,61	6,27-6,93	34,93-40,66
Средна	3,24-3,86	1,37-1,67	10,53-12,53	26,19-32,61	158,93-212,05	4,92-6,26	23,44-34,92
Под средната	3,87-4,17	1,68-1,82	12,54-13,53	32,62-35,82	132,37-158,92	4,25-4,91	17,70-23,43
Ниска	Над 4,17	Над 1,82	Над 13,53	Над 35,82	Под 132,37	Под 4,25	Под 17,70

ИЗВОДИ И ПРЕПОРЪКИ

Изводи

В съответствие с главната цел и поставените задачи на изследването могат да се обособят следните обобщени изводи:

1. Литературният анализ разкри, че въпреки доказаното многообразно въздействие на препятствените упражнения, научните изследвания, разглеждащи техния синергетичен ефект при подрастващи под 14-годишна възраст, са силно ограничени.

2. Анкетираните тренъори по лека атлетика използват разнообразни препятствени упражнения основно за развиване на

координационни способности и бързина при подрастващите, но от друга страна неоснователно пренебрегват възможността за въздействие върху скоростната издръжливост. Анкетното проучване разкри, че специалистите прилагат много голяма част от препятствените упражнения като средство за подготовка за препятствени дисциплини и неоченьват възможностите на тези упражнения при подготовка за останалите лекоатлетически дисциплини.

3. Упражненията, включени в пилотното изследване, могат да бъдат валиден модел за мониторинг на подготвеността на подрастващи 12-13-годишни атлети.

4. Пилотното изследване доказва, че тестовете на 20 м, 10 м лелящ старт и Т-тест са подходящи за подобряване на специалните скоростни възможности и подобряване честота на движенията, ловкостта; тестовете 3x50 м совалка и вертикални подскоци за 30 сек са обективни за мониторинг на силата, скоростно-силовите способности с взривен характер и скоростната издръжливост, а за повишаване скоростно-силовите възможности бихме могли да въздействаме на кондицията посредством упражнения, имащи отношение към вложената сила и времето на летеж на тялото - вертикално подскоци, скок дължина от място и троен кенгурувиден скок.

4. Синергетично обоснованата методика с преимуществено използване на препятствени упражнения доказано повлиява развитието на кондиционните способности и представлява ефективен и приложим модел за усъвършенстване на спортната подготовка при подрастващи на възраст 12-13 г.

5. Методиката с приоритетно използване на препятствени упражнения въздейства най-съществено върху скоростни способности, скоростната издръжливост, силовите, скоростно-силовите способности и тези с взривен характер, подобриенето на ловкостта.

6. При ЕГ са регистрирани съществени подобрения на времената при спринтовите тестове (Т1, Т1_1, Т2, Т2_1), на показателите за скоростна издръжливост (Т3, Т4, Т4_1), на показателите от тестовете, изискващи скоростна издръжливост и скоростно-силовите способности с взривен характер и силовата издръжливост с динамичен характер (Т5, Т6, Т6_1, Т6_2, Т7), както и на функционалната адаптация чрез намалена пулсова честота след натоварване (Т4_1, Т6_3). Наблюдава се едновременно оптимизация на честотата и дължината на крачката, повишена експлозивна сила на оттласкване.

7. В края на педагогическия експеримент експерименталната група значително превъзхожда контролната в много голяма част от показателите.

8. Характерът на измененията в корелационните зависимости между двигателните показатели в резултат на приоритетното прилагане на

препятствени упражнения в подготовката на подрастващите лекоатлети свидетелства за формиране на нови и засилени взаимовръзки между скоростните и скоростно-силовите показатели (вертикален отскок, скок дължина от място, троен кенгурувиден скок), отразяващи по-висока интеграция между основните двигателни подсистеми.

9. Появата на значими зависимости между тестове за ловкост и скоростни способности показват подобрена системна организираност и ефективност на двигателната функция.

10. Отчетливо преструктуриране на корелационната матрица в експерименталната група характеризира навлизане в синергетична зона на самоорганизация.

11. По-висока степен на корелационни зависимости в двигателната система при експерименталната група потвърждава ефективността на разработената методика и приложимостта на синергетичния подход за оценка и насочване на двигателното развитие в спортната практика.

Препоръки

В контекста на гореизложеното, могат да бъдат формулирани и следните практически насоки и препоръки:

1. Към стандартната програма препоръчваме да се добавят бягане през 5-8 броя препятствия на 5-, 6- и 7-крачков ритъм за развитие на скоростната издръжливост. Предлагаме тези отсечки да формират приблизително 30 % от общото обемно натоварване, насочено към издръжливост.

2. Паралелно с традиционните упражнения за бързина, целесъобразно е да се включват и бягания през 1-5 броя препятствия с различна крачкова структура – 3-, 4-, 5-, 6- или 7-крачков ритъм. Този тип упражнения следва да заемат до 40 % от работата, насочена към развиване на скоростните способности.

3. За повишаване скоростно-силовите и силовите възможности се препоръчва в разнообразния набор от използвани средства да се акцентира върху упражнения с преминаване под препятствия от различни изходни позиции (ляв/десен крак отпред, напречен стоеж), както и върху подскоци с два крака над препятствия, като височината им се съобразява с възрастовите и индивидуалните възможности на трениращите. Оптималното съотношение между обичайните средства и предложените упражнения е 60 : 40 %.

4. За целенасочено развиване на гъвкавост и ловкост и координация при подрастващите лекоатлети основен приоритет трябва да

имат упражненията, изпълнявани с помощта на препятствия – в игрова форма, упражнения на препятствия, бягане през препятствия.

5. Да се използва синергетичният подход при планирането на тренировъчните натоварвания.

Принос

Считаме, че на база представените изследвания може да се отбележи следния принос:

1. Установен е и научно аргументиран синергетичният ефект от използването на лекоатлетически препятствени упражнения при 12–13-годишни състезатели.
2. Установено са упражнения, които са валиден модел за мониторинг на подготвеността на лекоатлети на 12–13 г.
3. Разработена е методика с експериментално доказан положителен ефект за начална спортна подготовка с преимуществено използване на препятствени упражнения при 12-13-годишни лекоатлети.
4. Предложена е практическа систематизация на препятствените упражнения, приложима за подрастващи лекоатлети.
5. Разработена е оценъчна таблица за определяне на кондиционното състояние на лекоатлети на 12–13 г., която може да се използва от треньори и специалисти за мониторинг и планиране на подготовката.
6. Формирани са препоръки за практиката относно включването на препятствени упражнения с цел оптимизиране на работата на треньорите в детско-юношеския спорт.

Публикации по темата на дисертационния труд

1. **Касова, Я.**, Проучване и анализ на ролята на препятствените упражнения в подготовката на подрастващите лекоатлети, сп. "Лека атлетика&наука", бр. 1 (23), 2023 г.
2. **Касова, Я.**, Изследване на синергитичния ефект на упражнения за мониторинг на подготвеността на подрастващи 12-14 годишни лекоатлети, сп. "Лека атлетика&наука", бр. 1 (24), 2024 г.
3. **Касова, Я.**, Препятствените упражнения като средство за подготовка при подрастващи, сп. "Лека атлетика&наука", бр. 1 (25), 2025 г.

NATIONAL SPORTS ACADEMY
„VASIL LEVSKI“ SOFIA

DEPARTMENT „ATHLETICS“

Yana Vasileva Kasova

**„Synergistic Effect of Using Athletics
Hurdle Exercises in Adolescents“**

DISSERTATION ABSTRACT

or awarding the educational and scientific degree "Doctor"

Research Supervisor:
Assoc. Prof. Plamen Nyagin, PhD

Sofia, 2025

NATIONAL SPORTS ACADEMY

„VASIL LEVSKI“ SOFIA

DEPARTMENT „ATHLETICS“

Yana Vasileva Kasova

**„Synergistic Effect of Using Athletics
Hurdle Exercises in Adolescents“**

DISSERTATION ABSTRACT

or awarding the educational and scientific degree "Doctor"

Research Supervisor:

Assoc. Prof. Plamen Nyagin, PhD

Official reviewers:

Prof. Marin Gadev, DS

Prof. Apostol Slavchev, PhD

Sofia, 2025

The dissertation comprises 232 standard pages. It is illustrated with 26 tables, 44 figures, and a list of the references used. The bibliographic reference list includes 132 sources, of which 92 are in Cyrillic and 40 in Latin script.

The numbering of the tables and figures in the author's abstract corresponds to that of the dissertation.

The dissertation was discussed and approved for public defence before a scientific jury at an extended meeting of the Department of Sports Theory at the National Sports Academy "Vasil Levski", held on 12 November 2025.

The public defence of the dissertation for the award of the educational and scientific degree "Doctor" will take place on 28 January 2026 at hours in Hall of the National Sports Academy "Vasil Levski", Studentski Grad, Sofia.

Introduction

Athletics, often referred to as the “queen of sports”, plays a key role in the contemporary sporting world. It encompasses a wide range of disciplines that develop fundamental motor abilities such as speed, strength, endurance, and coordination, while simultaneously laying the foundation for the development of physical capacities in young athletes. Owing to the broad spectrum of disciplines it comprises, athletics has established itself not only as a means of enhancing motor abilities but also as a fundamental method for fostering the development of a harmoniously developed personality. Particular attention should be paid to athletics hurdle exercises, which combine speed and technique and at the same time contribute to the overall motor and psychomotor development of adolescents.

The organisation of sports training for adolescents in Bulgaria, as well as in many other countries, is structured with the aim of ensuring the sustainable development of young athletes. The sports development system in Bulgaria includes various stages and forms of training, encompassing initial familiarisation with sport, progression through diverse training regimes aimed at developing motor abilities and coordination, and the gradual specialisation in specific sports disciplines. In this process, athletics disciplines play a substantial role, as they provide opportunities for integrating various types of motor activity that support the comprehensive physical development of children.

At the national level, the sports system seeks to provide adolescents with opportunities to participate in a wide range of sporting activities and competitions, placing emphasis not only on elite sport but also on mass physical activity. However, specialised training for adolescents, particularly in the context of athletics hurdle exercises, requires the integration of contemporary scientific approaches and methodologies that take into account both the physiological and psychological characteristics of children at different stages of their development.

In this context, the present study aims to investigate the synergistic effect of the use of athletics hurdle exercises in adolescents. Such an approach seeks to integrate various components of motor training, with an emphasis on the interaction between speed, speed–strength, speed endurance, and coordination abilities, which are of decisive importance for performance in athletics. The study focuses on the optimal methods for integrating hurdle exercises into the sports training of 12–13-year-old athletes, as well as on the analysis of the outcomes of this approach within the context of sports development in Bulgaria.

In relation to addressing these issues, a working hypothesis was formulated, based on the assumption that the application of expertly selected athletics hurdle exercises in the training process of 12–13-year-old athletes would contribute to the manifestation of a synergistic effect, expressed in a more effective development of motor abilities compared to traditionally applied methods. It is assumed that these exercises, in combination with traditional training means (for speed, strength, flexibility, and coordination), will contribute to the optimisation of the adaptive mechanisms of young athletes and to a significant improvement in sports performance. In addition, the study will contribute to filling a gap in the scientific literature regarding the application of the synergistic approach in conditioning training, by emphasising the need for more empirical data on the under-14 age group in athletics.

AIM, OBJECTIVES, ORGANISATION AND METHODOLOGY OF THE STUDY

Aim and Objectives

The aim of the study is to optimise the conditioning training of 12–13-year-old athletes based on the synergistic effect of the use of athletics hurdle exercises.

The achievement of the stated aim requires the fulfilment of the following main objectives:

1. To review the scientific and methodological literature.
2. To determine the extent and targeted orientation of the use of hurdle exercises in the training of adolescent athletes.
3. To investigate the synergistic effect of exercises used for monitoring the level of preparedness of 12–13-year-old athletes.
4. To examine the level of preparedness of athletes in the under-14 age group.
5. To investigate the synergistic effect of an experimental methodology developed with the predominant application of hurdle exercises in the training of athletes in the under-14 age group.
6. To examine the changes in the correlational relationships between indicators of motor abilities after the application of a methodology with a predominant use of hurdle exercises in the under-14 age group.

Organisation and Methodology of the Study

Object of the Study

The object of the study is the level of motor abilities of adolescents training in athletics in the under-14 age group.

Subject of the Study

The subject of the study is the synergistic effect on motor abilities resulting from the use of athletics hurdle exercises in adolescents training in athletics in the under-14 age group.

Methods of the Study

For the achievement of the stated objectives, the following scientific methods were applied:

1. Analysis of scientific and methodological literature.

In order to examine the current state of the research problem based on specialised literature, a total of 132 scientific and methodological sources were thoroughly reviewed and subjected to critical analysis, of which 92 were in Cyrillic and 40 in Latin script.

2. Questionnaire survey.

In order to investigate the opinions of athletics coaches regarding the extent and orientation of the use of hurdle exercises in the training of adolescent athletes in Bulgaria, a questionnaire survey was conducted. The study was carried out using a questionnaire administered to 64 Bulgarian athletics coaches from various clubs across the country. Eighteen of the specialists work in settlements with a population of under 30,000 inhabitants, 17 carry out their professional activity in settlements with a population between 30,000 and 100,000 inhabitants, and 29 of the surveyed coaches are based in cities with a population exceeding 100,000 inhabitants.

3. Pilot study.

Through a pilot study, an investigation was conducted into the synergistic effect produced by specific exercises on the conditioning of adolescent athletes. An in-depth analysis of the results focused on the interactions involved in the development of motor abilities within the training process.

In addition, the study examined the synergistic effect of exercises used for monitoring the level of preparedness of 12–13-year-old athletes. The obtained

results were used as a basis for the development of a training methodology for athletes in the under-14 age group, with a priority on the use of hurdle exercises. The exercises applied in the study form the basis of a test battery designed to assess the level of preparedness of 12–13-year-old athletes before and after the application of the aforementioned methodology.

The experiment involved 36 athletes from the initial sports specialisation groups of the clubs KLASA and AC “Pavel Pavlov”.

4. Sports-pedagogical experiment.

The main pedagogical experiment was conducted over the course of one competitive sports year.

The control group (CG) implemented a training process based on the currently applied Unified Programme (UP) in athletics.

The experimental group trained according to a training programme based on an experimental model (EM) developed by the author for the preparation of adolescent athletes, with a predominant use of hurdle exercises. The model complies with the requirement for continuity of training load through the gradual increase of both volume and intensity, based on the principles of wave-like load variation, unity of general and specialised training, systematicity, and cyclicity of the training process.

The condition was observed that the ratio between General Physical Preparation (GPP) and Special Physical Preparation (SPP), applied in the Unified Programme during the stage of sports training of adolescent athletes, was preserved in the proposed alternative experimental model (Table 2).

Table 2 *Ratio (in %) between General Physical Preparation (GPP) and Special Physical Preparation (SPP) during the stage of initial sports training according to the Unified Programme (UP) and the new Experimental Model (EM).*

Training program	Types of Physical Preparation	
	GPP	SPP
UP	75 %	25%
EM	75 %	25 %

The distribution of training sessions within the weekly cycle in the applied Unified Programme for athletics training and in the programme developed by the author is identical (Table 3).

In the present study, the control group followed training based on the traditionally applied Unified Programme, in which the development of the basic motor abilities is achieved through classical means and methods.

Table 3 *Distribution of training sessions within the weekly microcycle*

Monday	Training session – 90 min
Tuesday	Rest day
Wednesday	Training session – 90 min
Thursday	Rest day
Friday	Training session – 90 min
Saturday	Training session – 90 min
Sunday	Rest day

To improve endurance, predominantly continuous running at low and moderate intensity, variable-pace running, as well as exercises performed in the form of circuit training were applied. The development of speed was achieved through specialised running drills, acceleration runs over 40–50 m, sprint runs over distances of 20–30 m, starting from falling and high start positions, as well as transitions from jogging to fast running in response to a signal. Strength training of the lower limbs was mainly implemented through the complex and repeated methods, incorporating a variety of exercises with differing intensity and load. The means used for the development of flexibility in the training process emphasised more general exercises and games with relatively low coordination complexity. Instruction in the acquisition of technical skills in the disciplines of the long jump and high jump was conducted in accordance with the requirements of the Unified Programme, as was also applied in the experimental methodology.

5. Sports-Pedagogical Testing

For the purposes of the pilot study and the main pedagogical experiment, sports-pedagogical testing was conducted using 18 standardised tests:

Test No. 1 (T1) – 20 m sprint from a standing start with measurement of the indicator “time”.

The test is conducted on a track with a tartan surface. The participants start individually from a standing start. Time is recorded using photocells placed at the start and finish of the running distance, with an accuracy of 0.01 seconds.

Test No. 2 (T1_1) – 20 m sprint from a standing start with measurement of the indicator “number of steps”.

The test is conducted on a track with a tartan surface. The participants start individually from a standing start, and the run is recorded using a video camera. The number of steps is determined through subsequent video analysis.

Test No. 3 (T2) – 10 m sprint from a flying start with measurement of the indicator “time”.

The test is conducted on a track with a tartan surface. The participants start individually from a standing start and run a maximum distance of 20 m. Time is recorded using photocells placed at the 10th metre of the running distance and at the finish. Measurement accuracy is 0.01 seconds.

Test No. 4 (T2_1) – 10 m sprint from a flying start with measurement of the indicator “number of steps”.

The test is conducted on a track with a tartan surface. The participants start individually from a standing start, and the run is recorded using a video camera. The number of steps is determined through subsequent video analysis.

Test No. 5 (T3) – T-Test with measurement of the indicator “time”.

The test is conducted on a track with a tartan surface. Four cones are arranged in the shape of the letter “T”. Cone A marks the start/finish position. Cone B is placed at a distance of 10 metres in a straight line in front of Cone A. Cones C and D are positioned 5 metres to the left and right of Cone B, forming the horizontal part of the “T”-shaped configuration. The participant starts the test from a standing start at Cone A, where photocells are positioned to record time with an accuracy of 0.01 seconds.

After the start signal, the participant:

- runs straight forward towards Cone B and passes it on the left side;
- continues with lateral movement to the right towards Cone D, touching its base with the hand;
- then moves laterally to the left towards Cone C and also touches its base with the hand;
- returns to Cone B, passing it on the right side;
- finally runs backwards to the starting position at Cone A, where time recording stops.

Test No. 6 (T4) – Shuttle run 3 × 50 m with measurement of the indicator “time”.

The test is conducted on a track with a tartan surface. The participants start individually from a standing start. Time is recorded using a stopwatch with an accuracy of 0.01 seconds. Each participant runs entirely within their own lane.

The participant runs a distance of 50 metres in a straight line, touches the end line with the foot of one leg, turns sharply by 180 degrees, and continues running back in the same lane. The finish is at the starting point after completing three 50-metre sections, or a total distance of 150 metres (3×50 m).

Test No. 7 (T4_1) – Shuttle run 3×50 m with measurement of the indicator “heart rate”.

Immediately after completion of the 3×50 m shuttle run, the participant’s heart rate is measured for a duration of 60 seconds.

Test No. 8 (T5) – Standing long jump with two feet with measurement of the indicator “distance”.

The test is conducted using a force platform and a measuring tape. The participant assumes the starting position on the force platform, with the toes aligned with the front edge of its surface. An auxiliary arm swing is permitted. The jump is performed from a standing position with simultaneous take-off from both feet. The jump distance is measured from the edge of the force platform to the nearest mark left upon landing, ideally the heel imprint. Measurement is recorded in centimetres, with an accuracy of 0.01 cm.

Test No. 9 (T5_1) – Standing long jump with two feet with measurement of the indicator “force”.

During the performance of Test No. 8, the force platform records the force applied by the participant during take-off.

Test No. 10 (T6) – Vertical jumps with two feet for 30 seconds with measurement of the indicator “mean height”.

The test is conducted on a force platform. The participant stands on the platform with both feet, with the hands placed on the hips and maintained in this position throughout the test. After the start signal, the participant performs a continuous series of vertical jumps for 30 seconds, aiming to maintain maximum height and maximum jump frequency. Each take-off and landing must be performed entirely on the force platform. The following indicators are extracted for analysis: mean jump height, mean take-off force, and mean vertical velocity. For the analysis of Test No. 10, the indicator “mean height” is considered.

Test No. 11 (T6_1) – Vertical jumps with two feet for 30 seconds with measurement of the indicator “mean force”.

For the analysis of Test No. 11, the indicator “mean force” obtained during the 30-second vertical jump test is considered.

Test No. 12 (T6_2) – Vertical jumps with two feet for 30 seconds with measurement of the indicator “mean velocity”.

For the analysis of Test No. 12, the indicator “mean velocity” obtained during the 30-second vertical jump test is considered.

Test No. 13 (T6_3) – Vertical jumps with two feet for 30 seconds with measurement of the indicator “heart rate”.
Upon completion of the 30-second vertical jump exercise, the participant’s heart rate is measured.

Test No. 14 (T7) – Triple kangaroo jump with measurement of the indicator “distance”.

The test is conducted on a flat, solid surface using a measuring tape. From a standing start behind the take-off line, the participant performs three consecutive forward jumps, taking off and landing simultaneously on both feet after each jump, without pauses between jumps. An arm swing is permitted. Measurement is taken from the take-off line to the nearest heel mark after the final landing. Measurement accuracy is 0.01 cm.

Test No. 15 (T7_1) – Triple kangaroo jump with measurement of the indicator “time”.

During the performance of the triple kangaroo jump described in Test No. 14, execution time is recorded using a stopwatch with an accuracy of 0.01 seconds.

Test No. 16 (T8) – Vertical jump with two feet with measurement of the indicator “height”.

The test is conducted on a force platform. The participant performs a vertical jump from a standing position with an arm swing and preliminary spring-like knee movements. The analysed indicators include jump height, take-off force, and vertical velocity. For the analysis of Test No. 16, the indicator “height” is considered.

Test No. 17 (T8_1) – Vertical jump with two feet with measurement of the indicator “force”.

For the analysis of Test No. 17, the indicator “force” obtained during the vertical jump is considered.

Test No. 18 (T8_2) – Vertical jump with two feet with measurement of the indicator “velocity”.

For the analysis of Test No. 18, the indicator “velocity” obtained during the vertical jump is considered.

6. Mathematical and Statistical Methods

For the processing of the obtained empirical data, specialised mathematical and statistical methods were applied using the software packages IBM SPSS Statistics (Version 27) and Microsoft Excel.

Depending on the aims and objectives of the study, as well as on the type of data, the following statistical approaches were applied:

- **Correlation analysis:** For the purposes of the pilot study, correlation analysis was applied in order to identify relationships between the individual athletics tests.
- **Variation analysis:** For each measured indicator, basic descriptive statistics were calculated – arithmetic mean, standard deviation, minimum and maximum values – with the aim of determining the level of the measured indicators and their variability at both the initial and final stages of the main study.

A comparative analysis was conducted to establish statistically significant differences. To assess the effect of the applied methodology within each group (experimental and control), Student's *t*-test for dependent samples was used.

To compare the two independent groups (control and experimental), Student's *t*-test for independent samples was applied at the initial and final stages of the study.

The level of statistical significance was set at $p \leq 0.05$.

Stages of the Study

The study was conducted over a period of two years and proceeded through the following stages:

1. Review, synthesis, and analysis of the literature sources related to the research problem.
2. Establishment of organisational and methodological prerequisites for investigating the effect of a methodology with a priority use of hurdle exercises during the stage of initial sports training in athletics.
3. Conducting a preliminary study to examine the synergistic effect of exercises used for monitoring the level of preparedness of 12–13-year-old athletes.

4. Conducting preliminary testing of the formed experimental and control groups.
5. Implementation of a sports-pedagogical experiment to reveal the effect of the priority use of hurdle exercises.
6. Processing and analysis of the results obtained from the conducted studies.

ANALYSIS OF RESULTS

Analysis of the Results from the Conducted Questionnaire Survey

After processing the data obtained from the questionnaire survey, it was established that a very large proportion of coaches incorporate hurdle exercises into their training methodology for working with adolescents. A total of 98.4% of the respondents provided a positive answer to the question posed, “Do you include hurdle exercises in your work with adolescents?” (Figure 10).

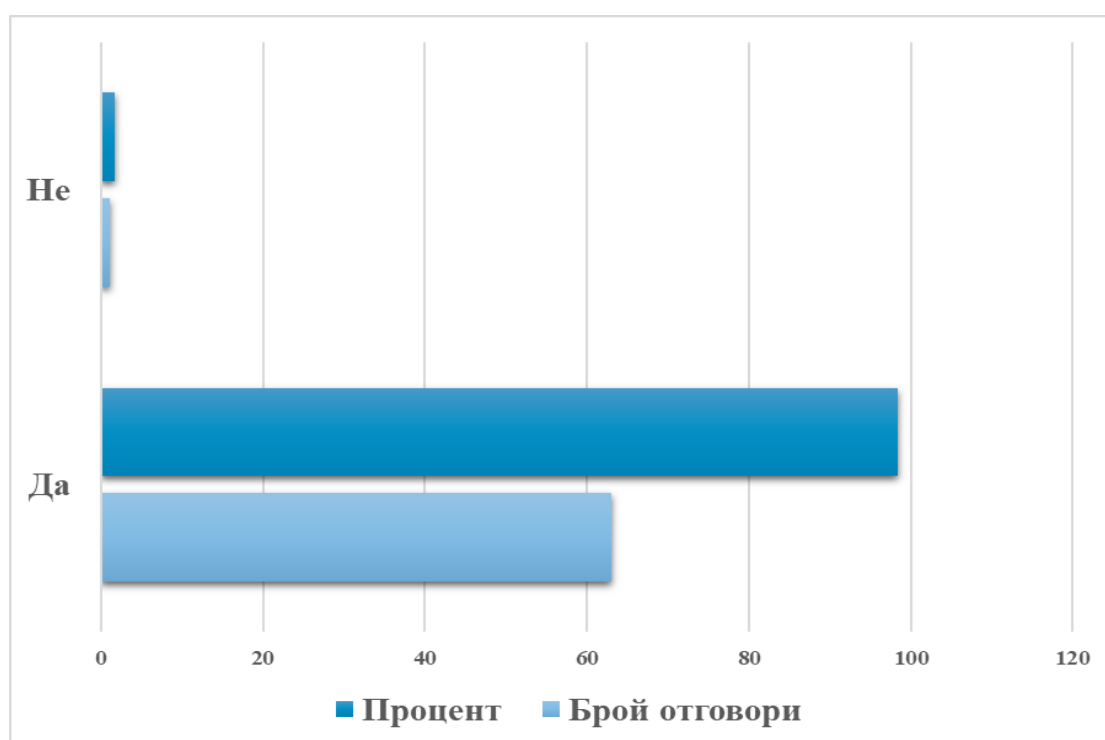


Figure 10 Distribution of responses regarding the inclusion of hurdle exercises in work with adolescents.

Athletics coaches predominantly work with hurdle jumps, stationary hurdle exercises, as well as rhythm-based hurdle exercises. More than 70% of the sports pedagogues indicate that they use all three groups of exercises in their training methodology. In response to the question, “Which type of hurdle

exercises do you prefer to use in your work with adolescents?” (Figure 11), respondents were allowed to select more than one answer.



Figure 11 Distribution of responses regarding the types of hurdle exercises applied by coaches in work with adolescents.

The information indicating that all of the above-mentioned groups of exercises are used is fully consistent with the data obtained from the subsequent question, “For what purpose do you include hurdle exercises in your work with adolescents?” (Figure 12). A large proportion of coaches select hurdle exercises both to improve the motor abilities of their athletes and to enhance technical skills. A total of 13.10% of the respondents indicated that they use hurdle exercises solely for the development of motor abilities, while only 4.90% reported using them exclusively for the improvement of technique.



Figure 12 Distribution of responses regarding the purpose of including hurdle exercises in work with adolescents.

Through a targeted question regarding which motor abilities of adolescents coaches aim to develop through the use of hurdle exercises (Figure 13), it became evident that almost all specialists were unanimous in relying on hurdle exercises to improve the coordination abilities of their athletes. Speed and flexibility were also prioritised in the responses. An interesting finding is that coaches unjustifiably underestimate the use of hurdle exercises for the development of endurance, as only four coaches selected this ability as a response option. For this question, respondents were allowed to select more than one answer.

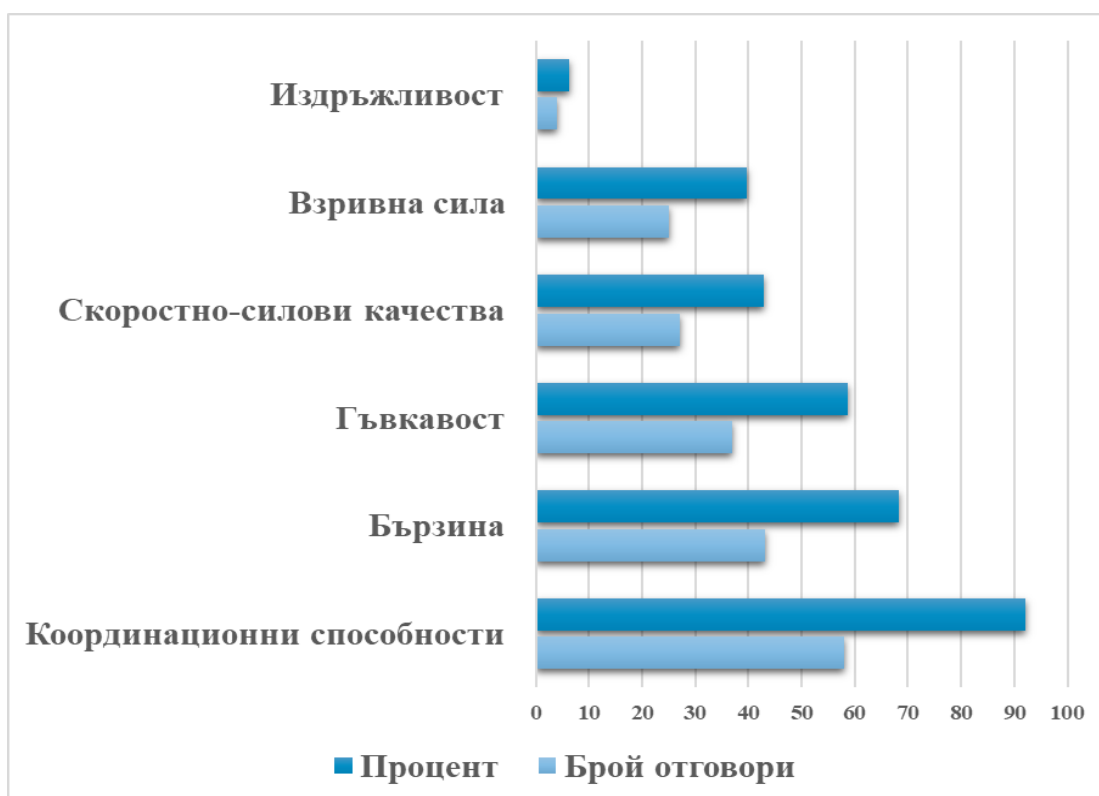


Figure 13 Distribution of responses regarding the motor abilities of adolescents that coaches aim to develop through the use of hurdle exercises.

In response to the question, “What types of running-over-hurdles exercises do you include in your work?” (Figure 14), which also allowed for more than one answer, “specialised running drills over hurdles” were indicated 24 times, while “running over hurdles under facilitated conditions” was indicated 21 times, accounting for a total of 70.30% of the coaches’ selections.

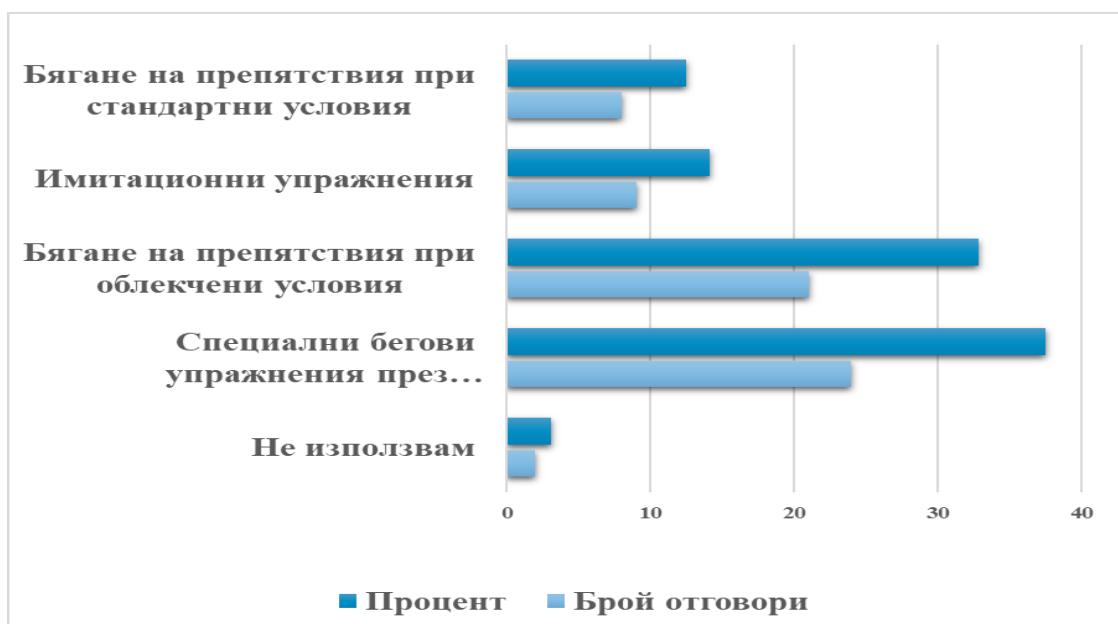


Figure 14 *Distribution of responses regarding the types of running-over-hurdles exercises that coaches include in their work with adolescents.*

Analysis of the Results from the Conducted Pilot Study

In relation to addressing the third main objective of the dissertation, a study was designed and conducted to examine the synergistic effect of exercises used for testing the level of preparedness of adolescent athletes from groups for initial sports training in athletics.

The in-depth analysis of the results was focused on identifying the interactions involved in the development of motor abilities within the training process. The findings of the study indicated that the exercises included in the present research could serve as a model for monitoring the preparedness of 12–13-year-old athletes. Moreover, the demonstrated synergistic effect of the exercises provides grounds to assume that they could form the basis for the development of a training methodology for adolescent athletes with a predominant application of hurdle exercises.

To assess speed and speed-related abilities, the following tests were applied: the 20 m sprint, the 10 m sprint from a flying start, and the T-Test.

In the 20 m sprint and the 10 m sprint from a flying start, the performance over the covered distance was measured in seconds using photocells, as well as the number of steps taken by each athlete to complete the distance. These indicators were related using the formula $V = S/t$, where V represents speed and S represents the distance covered—in this case, the number of steps—in order to identify correlational relationships. In addition, speed values were calculated in

metres per second. Comparisons were also made between speed, distance covered, and the number of steps.

The conducted correlation analysis of the 20 m test (Table 5) demonstrated that the strength of the relationship between the two indicators—performance result and number of steps—was substantial, positive, and statistically significant. The correlation between speed and number of steps was substantial, negative, and statistically significant, indicating that an increase in speed is associated with a decrease in the number of steps. Furthermore, the correlation between time and speed was very strong, negative, and statistically significant.

Table 5 *Correlation analysis of the synergistic effect of the 20 m test.*

20 m	Velocity	Time	Number of steps
Velocity	1		
Time	0,983	1	
Number of steps	0,629	0,673	1

The conducted correlation analysis of the 10 m sprint from a flying start (Table 6) between time and the number of steps showed that the strength of the relationship between the two indicators was strong, positive, and statistically significant.

Table 6 *Correlation analysis of the synergistic effect of the 10 m sprint from a flying start.*

10 m flying start	Velocity	Time	Number of steps
Velocity	1		
Time	0,955	1	
Number of steps	0,800	0,833	1

The correlation between speed and the number of steps was strong, negative, and statistically significant. In the analysis of the indicators time and speed, the correlation was very strong, negative, and statistically significant, indicating that slower time is associated with lower speed.

In both tests—the 20 m sprint and the 10 m sprint from a flying start—it was established that an increase in speed is accompanied by a decrease in the number of steps. This finding provides grounds to infer an increased propulsive force during the push-off phase of the running stride, which is recognised as one of the most important components of sprint performance.

Table 7 *Correlation analysis of the synergistic effect of the T-Test.*

T-test	Time	Number of steps
Time	1	
Number of steps	0,623	1

The T-Test was also subjected to correlation analysis (Table 7). In this test, the relationship between time and the number of steps was examined, and the statistical processing revealed a substantial, positive, and statistically significant relationship.

The tests selected to assess different manifestations of endurance were the 3 × 50 m shuttle run and the 30-second vertical jumps.

In the 3 × 50 m shuttle run test, time and heart rate were measured for the examined participants immediately after completion of the run. In addition, the speed over the covered distance of 150 m was calculated for each participant. The results for the indicators time and heart rate were subjected to correlation analysis, which showed that the relationship between them was moderate (Table 8). However, the correlation analysis between time and speed revealed a very strong inverse relationship, accompanied by an acceptable level of statistical significance.

Table 8 *Correlation analysis of the synergistic effect of the 3 × 50 m test.*

3x50 m	Time	Heart rate	Velocity
Time	1		
Heart rate	0,390	1	
Velocity	0,967	0,760	1

According to the applied concept, the ability to manifest speed endurance represents a form of manifestation of movement intensity (S_{int}), which is determined by the indicators of effort duration and speed. The 3 × 50 m shuttle run test confirms that it is an objective criterion for assessing the ability to manifest speed endurance.

To examine the ability to maintain the magnitude of effort (dynamic strength endurance), the 30-second vertical jump test was used. Through this test, the maintenance of jump height, the force applied to the platform, vertical velocity, and heart rate values following the completion of the exercise were measured.

In the correlation analysis (Table 9), the mean values of applied force, maintained jump height, vertical velocity, and heart rate were examined. The results of the statistical processing showed that the relationship between applied force and jump height was substantial, positive, and statistically significant. In the analysis of the correlation between heart rate and mean jump height, statistical processing revealed a weak, negative, and statistically significant relationship.

Table 9 *Correlation analysis of the synergistic effect of the 30-second vertical jump test.*

Верт. подскоци за 30 сек	Jump height	Force	Velocity	Heart rate
Jump height	1			
Force	0,736	1		
Velocity	0,926	0,787	1	
Heart rate	-0,206	-0,015	-0,226	1

The relationship between heart rate and the mean value of applied take-off force was weak. A weak relationship was also observed between vertical velocity and heart rate. The low correlation values between heart rate and the other indicators provide grounds to conclude that this parameter is not recommended and cannot be used as an indicator for assessing dynamic strength endurance. The correlation between velocity and jump height was very strong, while the correlation between velocity and force was strong. With the optimisation of both parameters (F) and (t), the level of (I) also increases; thus, it can be concluded that optimal levels of special strength endurance are achieved in this manner.

In the study, a single maximal vertical jump performed on a force platform was also subjected to statistical analysis. Comparisons were made between jump height and applied take-off force, as well as between take-off force and take-off velocity (vertical velocity).

The correlation analysis of the first two indicators—jump height and applied force—showed that the relationship between them was strong, positive, and statistically significant (Table 10). The results of the correlation analysis between take-off force and vertical velocity demonstrated that the relationship was substantial, positive, and statistically significant.

Table 10 *Correlation analysis of the synergistic effect of the vertical jump test.*

Vertical jump	Jump height	Force	Velocity
Jump height	1		
Force	0,707	1	
Velocity	0,563	0,843	1

The standing long jump performed from a force platform was subjected to correlation analysis between jump distance and applied take-off force (Table 11). The two indicators demonstrated a substantial, positive, and statistically significant relationship.

Table 11 *Correlation analysis of the synergistic effect of the standing long jump test.*

SLJ	Distance	Force
Distance	1	
Force	0,525	1

The standing triple kangaroo jump test was also subjected to statistical processing (Table 12). Through correlation analysis, the measured data from the test—execution time, achieved distance, and execution speed—were examined. The relationship between time and distance was weak, inversely proportional, and statistically significant. At the same time, the correlation between time and speed was substantial, while the correlation between speed and distance was strong.

Table 12 *Correlation analysis of the synergistic effect of the triple kangaroo jump test.*

Triple kangaroo jump	Time	Distance	Velocity
Time	1		
Distance	0,052	1	
Velocity	0,685	0,725	1

According to the applied concept, the next control parameter examined in the present study is related to power (explosive speed–strength abilities). This parameter is defined by the following formula: $P = V \cdot F$, where P represents power, V denotes the speed parameter, and F represents the force parameter. This clearly indicates that the indicators characterising speed–strength abilities increase with improvements in conditioning with respect to both applied force and body speed (flight time) (Gadev, 2015).

Analysis of the Results from the Pedagogical Experiment

Analysis of Mean Values and Variability of the Indicators from the Conducted Studies

The data obtained from the testing conducted at the beginning and at the end of the sports-pedagogical experiment were subjected to statistical processing using methods of variation analysis and hypothesis testing for the comparison of arithmetic mean values, through the determination of the empirical value of Student's *t*-test for dependent and independent samples.

As evidenced by the comparison of the data presented in Table 13, no significant differences were observed in the initial level of the adolescents included in the two examined groups. In the majority of the conducted tests, statistical analysis did not reveal significant differences between the two groups. An exception was observed in only one of the total of 18 tests.

The repeated assessment of performance levels in the tests following the completion of the sports-pedagogical experiment confirmed that the level of conditioning indicators of the examined adolescent athletes had improved.

Table 13 *Data from the variation analysis and significance of the increase in absolute (d) and relative (%) values of performance in the experimental and control groups at the beginning of the experiment.*

Test	Control group - start			Experimental group - start			d	%	t-emp	t – tabl $\alpha=0,05$
	Xcp	Sx	V%	Xcp	Sx	V%				
T1	3,90	0,33	8,46	3,93	0,33	8,39	0,03	0,76	0,73	1,98
T1_1	15,76	0,74	4,69	15,75	1,18	7,49	-0,01	0,06	0,50	1,98
T2	1,69	0,19	11,24	1,68	0,18	10,71	-0,01	0,59	0,34	1,98
T2_1	7,93	1,09	13,74	7,72	1,05	13,60	-0,21	2,64	0,96	1,98
T3	12,22	1,34	10,96	12,03	1,04	8,64	-0,19	1,55	0,79	1,98
T4	30,18	3,20	10,60	30,20	3,40	11,25	0,02	0,06	0,29	1,98
T4_1	182,54	13,39	7,33	178,82	9,92	5,54	-3,72	2,03	1,59	1,98
T5	158,90	23,39	14,71	160,84	26,29	16,34	1,94	1,22	0,39	1,98
T5_1	219,34	73,29	33,41	204,17	64,92	31,79	-15,17	6,91	1,10	1,98
T6	17,12	4,54	26,51	17,23	3,63	21,06	-0,11	0,64	0,14	1,98
T6_1	69,57	21,57	31,00	69,58	13,38	19,23	0,01	0,04	0,21	1,98
T6_2	1,77	0,24	13,55	1,79	0,20	11,17	0,02	1,12	0,53	1,98
T6_3	181,56	12,54	6,90	183,92	10,01	5,44	2,36	1,29	1,04	1,98
T7	5,19	0,77	14,83	5,15	0,66	12,81	-0,44	0,77	0,21	1,98
T7_1	2,60	0,48	18,46	2,48	0,48	19,35	-0,12	4,61	1,23	1,98
T8	29,73	4,84	16,27	28,13	5,88	20,90	-1,6	5,38	1,49	1,98
T8_1	98,85	20,65	20,89	87,56	18,22	20,80	11,29	11,42	2,92	1,98
T8_2	2,92	0,25	8,56	2,33	0,32	13,73	-0,59	20,20	0,92	1,98

This indicates that both the established practice-based training system according to the Unified Programme and the new experimental methodology for the preparation of adolescent athletes lead to significant and statistically reliable development of the main conditioning abilities in athletes from the under-14 age group. The comparison of the results of the two groups from the testing conducted at the end of the experiment is presented in Table 16 and Figure 18.

The results of the analysis in the experimental group demonstrate a clear trend towards improvement across all examined components. The data from the assessments conducted at the beginning and at the end of the experiment—following the application of the author’s methodology with a predominant use of hurdle exercises—are presented in Table 14.

Table 14 *Data from the variation analysis and significance of the increase in absolute (d) and relative (%) performance values of the experimental group at the beginning and at the end of the experiment.*

Test	Experimental group - start			Experimental group - end			d	%	t-emp	t – tabl $\alpha=0,05$
	Xcp	Sx	V%	Xcp	Sx	V%				
T1	3,93	0,33	8,39	3,55	0,31	8,73	-0,38	9,66	38,88	2,01
T1_1	15,75	1,18	7,49	14,56	1,13	7,76	-1,19	7,55	23,53	2,01
T2	1,68	0,18	10,71	1,52	0,15	9,86	-0,16	9,52	12,52	2,01
T2_1	7,72	1,05	13,60	6,22	0,96	15,43	-1,15	19,43	19,89	2,01
T3	12,03	1,04	8,64	11,53	1,00	8,67	-0,5	4,15	6,70	2,01
T4	30,20	3,40	11,25	29,40	3,21	10,91	-0,80	2,64	6,18	2,01
T4_1	178,82	9,92	5,54	171,27	10,80	6,30	-7,55	4,22	7,05	2,01
T5	160,84	26,29	16,34	185,49	26,56	14,31	24,65	15,32	27,14	2,01
T5_1	204,17	64,92	31,79	229,08	72,18	31,50	24,91	12,20	5,08	2,01
T6	17,23	3,63	21,06	18,34	3,69	20,11	1,11	6,44	11,35	2,01
T6_1	69,57	13,38	19,23	81,57	13,99	17,15	12,0	17,24	24,61	2,01
T6_2	1,79	0,20	11,17	1,65	0,21	12,72	-0,14	7,82	13,71	2,01
T6_3	183,92	10,01	5,44	176,86	9,69	5,47	-7,06	3,83	10,04	2,01
T7	5,15	0,66	12,81	5,59	0,67	11,98	0,44	8,54	16,49	2,01
T7_1	2,48	0,48	19,35	2,44	0,48	19,67	-0,04	1,61	0,75	2,01
T8	28,13	5,88	20,90	29,18	5,74	19,67	1,05	0,03	5,01	2,01
T8_1	87,56	18,22	20,80	90,68	21,18	23,35	3,12	3,56	2,90	2,01
T8_2	2,33	0,32	13,73	2,12	0,31	14,62	-0,21	9,01	14,50	2,01

The results in the control group show smaller changes; however, the improvements are also substantial in some of the tests, as shown in Table 15.

Table 15 *Data from the variation analysis and significance of the increase in absolute (d) and relative (%) performance values of the control group at the beginning and at the end of the experiment.*

Test	Control group - start			Control group - end			d	%	t-emp	t – tabl $\alpha=0,05$
	Xcp	Sx	V%	Xcp	Sx	V%				

T1	3,90	0,33	8,46	3,71	0,31	8,35	-0,19	4,87	34,09	2,01
T1_1	15,76	0,74	4,69	15,77	0,75	4,75	0,01	0,06	1,0	2,01
T2	1,69	0,19	11,24	1,61	0,18	11,18	-0,08	4,73	10,21	2,01
T2_1	7,93	1,09	13,74	6,87	1,15	16,73	-1,06	13,36	21,26	2,01
T3	12,22	1,34	10,96	12,11	1,35	11,14	-0,11	0,90	8,18	2,01
T4	30,18	3,20	10,60	29,88	3,19	10,67	-0,3	0,99	4,71	2,01
T4_1	182,54	13,39	7,33	180,19	11,57	6,42	-2,35	1,28	2,71	2,01
T5	158,90	23,39	14,71	178,66	24,98	13,98	19,76	12,43	25,14	2,01
T5_1	219,34	73,29	33,41	223,37	76,28	34,14	4,03	1,83	1,71	2,01
T6	17,12	4,54	26,51	17,15	4,59	26,76	0,03	0,17	1,91	2,01
T6_1	69,57	21,57	31,00	74,14	21,31	28,74	4,57	6,56	21,37	2,01
T6_2	1,77	0,24	13,55	1,76	0,25	14,20	-0,01	0,56	0,54	2,01
T6_3	181,56	12,54	6,90	178,03	10,95	6,15	-3,53	1,94	4,82	2,01
T7	5,19	0,77	14,83	5,40	0,71	13,14	0,21	4,04	5,50	2,01
T7_1	2,60	0,48	18,46	2,74	0,70	25,54	0,14	5,38	2,16	2,01
T8	29,73	4,84	16,27	29,76	5,12	17,20	0,03	0,10	0,22	2,01
T8_1	98,85	20,65	20,89	99,01	19,33	19,52	0,16	0,16	1,43	2,01
T8_2	2,92	0,25	8,56	2,27	0,26	11,45	-0,65	22,26	3,04	2,01

An important stage in the analysis of the effectiveness of the experimental methodology with a priority use of hurdle exercises is the direct comparison of results between the control and experimental groups at the end of the pedagogical experiment. This comparison makes it possible to determine the extent to which the applied training programme influenced the development of the targeted motor abilities in comparison with the standard training practice applied to the control group.

The data presented in Table 16 and Figure 18 show that the experimental group demonstrated superior results compared to the control group across all analysed indicators.

The analysis of the results at the end of the experiment revealed statistically significant differences between the control and experimental groups in most of the examined indicators. Statistically significant differences were established in Tests T1, T1_1, T2, T2_1, T3, T4_1, T6, T6_1, T6_2, T6_3, T7, T7_1, T8_1, and T8_2 ($t_{\text{emp}} > t_{\text{tabl}}$ at $\alpha = 0.05$). This indicates clearly superior performance in the experimental group, thereby confirming the effectiveness of the applied experimental training methodology.

Table 16 Data from the variation analysis and significance of differences in absolute (d) and relative (%) performance values of both groups at the end of the experiment.

Test	Control group - end			Experimental group - end			d	%	t-emp	t – tabl $\alpha=0,05$
	Xcp	Sx	V%	Xcp	Sx	V%				
T1	3,71	0,31	8,35	3,55	0,31	8,73	-0,16	4,31	2,42	1,98
T1_1	15,77	0,75	4,75	14,56	1,13	7,76	-1,21	7,67	6,32	1,98

T2	1,61	0,18	11,18	1,52	0,15	9,86	-0,09	5,59	2,58	1,98
T2_1	6,87	1,15	16,73	6,22	0,96	15,43	-0,65	9,46	3,08	1,98
T3	12,11	1,35	11,14	11,53	1,00	8,67	-0,58	4,78	2,45	1,98
T4	29,88	3,19	10,67	29,40	3,21	10,91	-0,48	1,60	0,75	1,98
T4_1	180,19	11,57	6,42	171,27	10,80	6,30	-8,92	4,95	4,02	1,98
T5	178,66	24,98	13,98	185,49	26,56	14,31	6,83	3,82	1,33	1,98
T5_1	223,37	76,28	34,14	229,08	72,18	31,50	5,71	2,55	0,38	1,98
T6	17,15	4,59	26,76	18,34	3,69	20,11	1,19	6,93	2,43	1,98
T6_1	74,14	21,31	28,74	81,57	13,99	17,15	7,43	10,02	2,08	1,98
T6_2	1,76	0,25	14,20	1,65	0,21	12,72	-0,11	6,25	2,41	1,98
T6_3	178,03	10,95	6,15	176,86	9,69	5,47	-1,17	0,65	2,57	1,98
T7	5,40	0,71	13,14	5,59	0,67	11,98	0,19	3,51	2,38	1,98
T7_1	2,74	0,70	25,54	2,44	0,48	19,67	-0,3	10,94	2,47	1,98
T8	29,76	5,12	17,20	29,18	5,74	19,67	-0,58	1,94	0,53	1,98
T8_1	99,01	19,33	19,52	90,68	21,18	23,35	-8,33	8,41	2,09	1,98
T8_2	2,27	0,26	11,45	2,12	0,31	14,62	-0,15	6,60	2,65	1,98

In some of the tests (T4, T5, T5_1, and T8), no statistically significant differences were found between the two groups. These results may be explained by the fact that the experimental programme exerts a stronger effect on certain abilities and skills, while its impact on others is less pronounced; however, the coordinative differences among children should also be taken into account.

With regard to speed abilities, measured through the sprint tests (T1 and T2), the experimental group (EG) demonstrated lower mean times compared to the control group (CG). For example, in Test T1 (20 m sprint), the mean time in the EG was 3.55 s compared to 3.71 s in the CG. A similar trend was observed in Test T2, where the EG achieved higher speed, a lower number of steps, and better movement efficiency. In the analysis of Test T3, the EG again demonstrated better execution time. All three tests are oriented towards speed, and the results of the conducted experiment indicate a significant improvement in their synergistic effect with respect to specific speed abilities, speed endurance, and movement frequency in the EG compared to the CG.

In the indicators of Tests T4 and T4_1, reflecting the manifestation of speed endurance, a clearly expressed advantage of the experimental group was observed both in terms of execution time and heart rate following exertion. The lower heart rate response in the EG at the end of the experiment indicates better cardiovascular adaptation, which is a direct result of the targeted influence of the training programme.

The results of the tests assessing strength and speed–strength abilities also support the effectiveness of the experimental programme. In the standing long jump (T5) and the vertical jump tests (T6), participants from the EG demonstrated both higher values in jump distance and jump height, as well as

greater take-off force in both tests. In Test T6_2—mean vertical jump velocity—the EG outperformed the CG, indicating better explosiveness and muscular activation.

The measurements from the triple kangaroo jump (T7) and the single vertical jump (T8) also favoured the experimental group. The significant differences observed indicate a more pronounced improvement in the speed–strength capabilities of the athletes in the EG.

In summary, across nearly all indicators, the experimental group outperformed the control group both in absolute values and in result homogeneity. Statistical analysis confirms that these differences are not random but are the result of targeted methodological intervention.

The conducted variation analysis of mean values and the degree of variability demonstrated that the applied experimental methodology with a priority use of hurdle exercises exerted a substantial and statistically significant influence on the development of the main conditioning abilities of adolescent athletes. While at the beginning of the pedagogical experiment the two examined groups did not exhibit significant differences, at the end of the study clear improvements were identified in the experimental group with regard to speed, speed endurance, strength, and speed–strength abilities. These changes were expressed through reduced mean times in speed tests and decreased heart rate values following exertion, as well as increased values in strength indicators. The accompanying reduction in the coefficient of variation in a substantial proportion of the tests indicates increased group homogeneity and a more uniform distribution of performance improvement.

In contrast, the control group demonstrated more limited progress and no substantial improvements in the homogeneity of results. The comparative analysis between the two groups at the end of the experiment clearly outlines the advantage of the experimental methodology, which leads to more effective development of the targeted motor abilities and better adaptation of the functional systems.

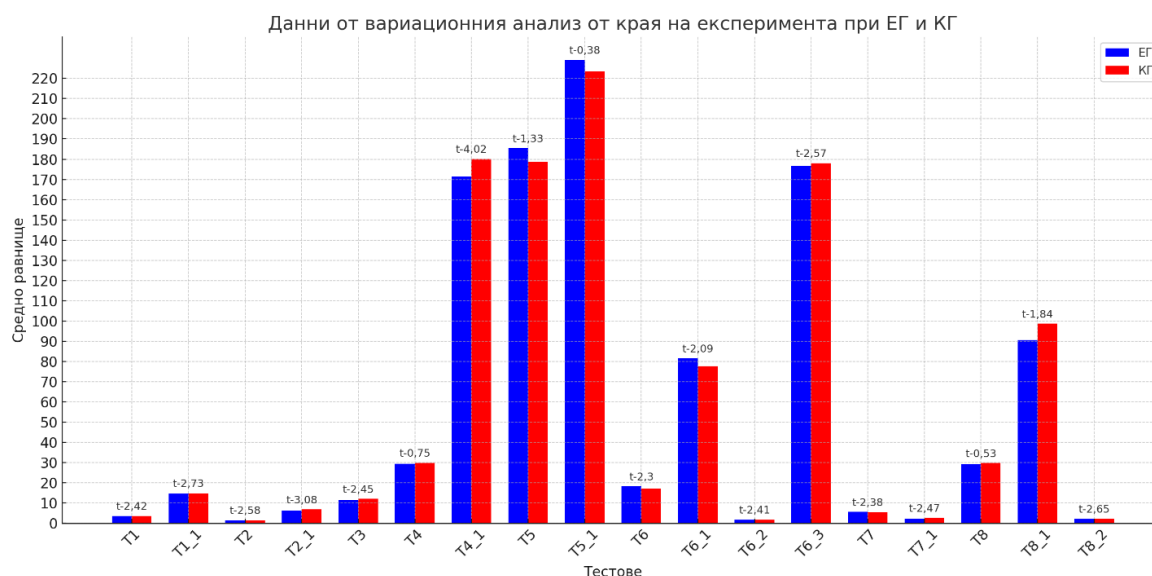


Figure 18 Mean level of performance of the examined athletes from the experimental and control groups at the end of the experiment.

Analysis of the Relationships between Performance in Individual Tests and Indicators before and after the Experiment

Correlation analysis was applied with the aim of determining the degree of relationship between individual motor, strength, coordination, and physiological indicators, as well as the changes in these relationships as a result of the applied author's methodology with a predominant use of hurdle exercises. For the purposes of the analysis, Pearson's simple linear correlation coefficient (r) was used, and statistical significance was determined at a significance level of $\alpha = 0.05$, with the tabulated critical value set at 0.27.

The analysis encompasses both the experimental group (EG) and the control group (CG), with the aim of tracing differences in the dynamics of interrelationships under the influence of different training methodologies. The detailed commentary on each relationship is based both on the quantitative values of the coefficients and on their functional interpretation within the context of the synergistic theory underlying the study. Each change in the structure of interrelationships is considered a potential marker of restructuring and integration of the motor system in adolescents.

Tables 25 and 26 present the values of the calculated correlation coefficients between performance outcomes in the tests applied at the beginning and at the end of the experiment in the control and experimental groups.

Based on the quantitative analysis of the correlation matrices at the beginning of the experiment, a higher density of interrelationships was observed in the CG, whereas in the EG they were fewer in number but exhibited a higher degree of

functional connectivity. This corresponds to an initial phase of self-organisation characteristic of dynamic systems in a pre-bifurcation state, in which the motor system is not yet structured but is prepared to transition into the next phase of restructuring.

Some of the tests—such as the 30-second vertical jumps (mean force), vertical jump (force), standing long jump (distance), and triple kangaroo jump (distance)—showed higher correlations with the time indicators of the sprint tests, which is indicative of potential integration between the strength and speed subsystems.

The absence of correlation relationships between certain indicators may be interpreted as a reflection of a low degree of integration and functional coordination among motor components. This corresponds to a lower phase of connectivity, in which the system responds weakly to internal fluctuations and has not yet entered a state of adaptive reorganisation.

At the end of the experiment, changes in the level of correlation coefficients between performance outcomes in the 18 tests conducted with the EG and CG before and after the pedagogical experiment can be observed.

In the EG, a strengthening of the correlation matrix was observed at the end of the pedagogical experiment. For example, the relationship between the T-Test and the 10 m sprint (time) developed into a substantial correlation ($r = 0.617$), while the relationship between the T-Test and the time indicator of the 3×50 m shuttle run increased ($r = 0.767$). This represents a key indicator of speed transfer to complex coordination tasks and signals a functional synergistic effect of enhanced integration between speed and coordination capabilities. After the application of the experimental methodology with a predominant use of hurdle exercises, the T-Test demonstrated a significant strengthening of its relationships with other tests assessing linear speed and speed endurance ($T2 - r = 0.617$; $T4 - r = 0.767$).

Following the application of the experimental methodology in the EG, the other indicator of the standing long jump—force—also showed moderate negative correlations with the time indicators of the 20 m sprint ($r = -0.360$), the 10 m sprint from a flying start ($r = -0.386$), and the 3×50 m shuttle run ($r = -0.312$). The correlation between the two indicators of the standing long jump—distance and force—was also strengthened ($r = 0.369$).

These changes constitute empirical evidence of a positive transformation towards motor abilities requiring spatial configurations and indicate increased connectivity between speed–strength indicators and coordination parameters of

sprinting. This transformation may also be interpreted as a manifestation of synergistic restructuring of the motor system.

The 30-second vertical jump—mean velocity also developed new correlation relationships with the running tests. For instance, a new moderate negative relationship was identified between T6_2 and the 20 m sprint—number of steps ($r = -0.347$), while the previously non-existent correlation between T6_2 and the 10 m sprint from a flying start—time became a substantial negative correlation at the end of the experiment ($r = -0.508$).

A moderate negative correlation was also identified in the EG between heart rate measured after the 30-second vertical jumps and the strength indicators of the standing long jump ($r = -0.344$), as well as the 30-second vertical jump—force ($r = -0.313$). From the perspective of the synergistic approach, this represents an indicator of a higher degree of internal coordination and efficiency of functional subsystems, leading to more economical physiological functioning during physical exertion.

A new moderate correlation was also observed after the experiment in the EG between the triple kangaroo jump—time and the 10 m sprint from a flying start—number of steps ($r = 0.403$).

In the CG, newly formed relationships in the correlation matrix were observed only for T8_2. The vertical jump—velocity showed moderate negative correlations with T1 ($r = -0.395$), T2 ($r = -0.398$), T2_1 ($r = -0.363$), and T4 ($r = -0.356$).

As a reason for the absence of substantial development or expansion of the correlation structure in the CG, the preservation of the training stimulus is considered. The lack of new functional relationships between the tests suggests that the motor system did not undergo a process of internal restructuring. From the perspective of the synergistic model, this indicates that the system did not enter a bifurcation zone, did not receive sufficient external stimulus for adaptation, and did not increase its level of internal coordination. Consequently, the motor subsystems in the CG remain relatively autonomous and weakly interconnected, which is reflected in the preservation of existing but limited interrelationships.

The conducted correlation analysis between individual tests and indicators before and after the pedagogical experiment reveals substantial changes in the structural organisation of the motor system, particularly in the EG, which followed training according to the methodology with a predominant use of hurdle exercises.

At the initial level, the correlation matrices of the EG and CG demonstrated similar density, with the CG showing a greater number of relationships but with lower functional significance. After the application of the experimental methodology, clear transformations occurred among the participants in the EG—new relationships emerged between indicators that had previously been independent, and existing correlations were strengthened. This represents a clear indicator of increased systemic integration and the emergence of new synergies among motor components.

Particularly characteristic is the strengthened relationship between indicators of running tests and those assessing speed–strength performance (vertical jump, standing long jump, triple kangaroo jump). The emergence of new correlations between coordination and speed tests (e.g., between the T-Test and the 10 m sprint from a flying start—time) indicates that the motor system begins to function more efficiently as an integrated whole, which is a fundamental characteristic of synergistic self-organisation. Such transfers of abilities are indicative of increased adaptability and systemic economy in the energy regulation of movement.

At the end of the pedagogical experiment in the CG, whose athletes completed a training cycle prepared according to the Unified Programme, the structure of interrelationships remained almost unchanged.

Table 25 Results of the correlation analysis of the data for the experimental group before and after the experiment.

EG - START	T1	T1_1	T2	T2_1	T3	T4	T4_1	T5	T5_1	T6	T6_1	T6_2	T6_3	T7	T7_1	T8	T8_1	T8_2	EG - END
	T1	1	,508**	,878**	,280*	,731**	,859**	0,074	-,701**	-,360**	-,596**	-,520**	-,598**	,334*	-,769**	0,098	-,773**	-,533**	-,534**
	T1_1	,528**	1	,409**	,427**	,309*	,372**	,316*	-,462**	-0,154	-0,264	-0,266	-,347*	,412**	-,488**	0,269	-,409**	-0,221	-0,241
	T2	,830**	,479**	1	,331*	,617**	,790**	0,181	-,644**	-,386**	-,465**	-,398**	-,508**	0,236	-,709**	0,263	-,660**	-,420**	-,409**
	T2_2	,328*	,455**	,354*	1	0,095	0,128	0,126	-,283*	-0,272	-0,211	-0,205	-0,199	0,260	-0,179	,403**	-0,148	-0,152	-0,054
	T3	,700**	,372**	,476**	0,086	1	,767**	0,103	-,554**	-0,239	-,434**	-,552**	-,476**	,342*	-,565**	-0,095	-,543**	-,455**	-0,253
	T4	,838**	,382**	,725**	0,160	,644**	1	0,100	-,669**	-,312*	-,565**	-,543**	-,543**	,382**	-,739**	0,028	-,696**	-,598**	-,487**
	T4_1	-0,045	,366**	0,135	,301*	-0,040	-0,024	1	-0,116	-0,032	-0,108	0,007	-0,180	,383**	-0,141	0,256	-0,009	0,054	-0,029
	T5	-,691**	-,407**	-,656**	-0,234	-,583**	-,684**	-0,016	1	,369**	,499**	,621**	,501**	-,312*	,862**	-0,099	,739**	,585**	,408**
	T5_1	-0,269	-0,171	-0,262	-0,084	-0,229	-0,221	-0,022	0,263	1	0,198	0,233	0,160	-,344*	,293*	-0,091	0,254	0,197	0,249
	T6	-,582**	-,281*	-,385**	-,305*	-,431**	-,544**	-0,063	,532**	0,127	1	,537**	,829**	-,301*	,527**	-0,170	,566**	,293*	,329*
	T6_1	-,542**	-0,271	-,348*	-0,241	-,533**	-,551**	0,098	,633**	0,194	,544**	1	,485**	-,313*	,607**	0,106	,581**	,798**	,280*
	T6_2	-,589**	-0,268	-,361**	-0,167	-,463**	-,573**	-0,028	,522**	0,130	,912**	,499**	1	-,305*	,491**	-0,170	,559**	,332*	,384**
	T6_3	,351*	,437**	,280*	,396**	,354*	,352*	,450**	-,287*	-0,226	-,346*	-0,253	-,313*	1	-,344*	0,053	-0,168	-0,214	-0,211
	T7	-,749**	-,477**	-,659**	-0,197	-,614**	-,719**	-0,063	,850**	,286*	,567**	,607**	,596**	-,319*	1	-0,042	,777**	,604**	,525**
	T7_1	0,178	0,248	,284*	0,259	-0,024	0,163	,345*	-0,071	-0,035	-0,262	0,057	-0,209	0,179	-0,095	1	-0,060	0,157	-0,031
	T8	-,762**	-,364**	-,656**	-0,137	-,528**	-,681**	0,108	,767**	0,251	,516**	,601**	,549**	-0,137	,821**	-0,107	1	,637**	,598**
	T8_1	-,534**	-0,242	-,364**	-0,158	-,418**	-,569**	0,196	,593**	0,197	,337*	,816**	,396**	-0,155	,613**	0,144	,660**	1	,547**
	T8_2	-,561**	-0,207	-,382**	-0,151	-0,266	-,542**	0,148	,454**	0,218	,396**	,398**	,472**	-0,140	,549**	-0,054	,668**	,693**	1

Table 26 Results of the correlation analysis of the data for the control group before and after the experiment.

CG - START	KF	T1	T1_1	T2	T2_1	T3	T4	T4_1	T5	T5_1	T6	T6_1	T6_2	T6_3	T7	T7_1	T8	T8_1	T8_2	CG - END
	T1	1	,556**	,849**	,602**	0,268	,868**	0,020	-,697**	-0,051	-,580**	-0,073	-,535**	-0,077	-,644**	0,239	-,780**	-0,109	-,395**	
	T1_1	,559**	1	,677**	,555**	,350*	,646**	-0,126	-,638**	-0,159	-,417**	-0,213	-,449**	-0,100	-,580**	0,177	-,653**	-0,185	-,284*	
	T2	,836**	,612**	1	,774**	,435**	,839**	-0,124	-,757**	-0,159	-,490**	-0,095	-,502**	-0,163	-,740**	,317*	-,767**	-0,117	-,398**	
	T2_2	,593**	,416**	,750**	1	,443**	,648**	-,350*	-,680**	-0,196	-,305*	0,079	-,294*	-,392**	-,582**	0,132	-,586**	0,004	-,363**	
	T3	0,269	,391**	,455**	,355*	1	,322*	0,038	-0,191	-0,047	0,033	0,097	-0,116	-0,055	-0,202	,336*	-0,199	0,011	-0,124	
	T4	,857**	,646**	,832**	,553**	,322*	1	-0,007	-,731**	-0,204	-,535**	-0,211	-,498**	-0,142	-,734**	,296*	-,775**	-0,188	-,356*	
	T4_1	-0,024	-0,192	-0,202	-,431**	-0,055	-0,062	1	0,170	0,174	0,115	-0,080	0,067	,839**	0,084	-0,145	0,058	-0,263	0,035	
	T5	-,674**	-,580**	-,722**	-,634**	-0,155	-,686**	0,144	1	0,176	,545**	0,250	,573**	0,273	,858**	-0,159	,841**	0,211	,320*	
	T5_1	0,009	-0,160	-0,114	-0,066	-0,013	-0,179	0,160	0,170	1	0,171	,554**	0,131	0,205	0,265	0,002	0,026	,441**	-0,099	
	T6	-,561**	-,372**	-,389**	-,303*	0,052	-,534**	0,037	,506**	0,174	1	,454**	,905**	0,214	,497**	-0,171	,710**	,277*	,404**	
	T6_1	-0,055	-0,218	-0,032	0,158	0,114	-0,233	-0,125	0,253	,539**	,471**	1	,416**	-0,020	,280*	-0,076	0,181	,795**	-0,039	
	T6_2	-,550**	-,376**	-,349*	-0,177	-0,045	-,528**	-0,084	,472**	0,136	,908**	,527**	1	0,187	,511**	-0,178	,706**	0,232	,343*	
	T6_3	-0,086	-0,217	-0,181	-,348*	-0,021	-0,169	,856**	0,246	0,249	0,246	0,037	0,141	1	0,174	-,301*	0,180	-0,190	0,080	
	T7	-,619**	-,520**	-,657**	-,353*	-0,166	-,716**	-0,091	,764**	0,261	,476**	,343*	,494**	0,056	1	-0,086	,782**	,289*	,340*	
	T7_1	0,205	0,223	,373**	,384**	,383**	,286*	-,363**	-0,191	0,121	-0,052	0,096	0,014	-,287*	-0,008	1	-0,205	0,031	-0,047	
	T8	-,771**	-,606**	-,712**	-,536**	-0,201	-,765**	0,016	,804**	-0,010	,691**	0,165	,675**	0,160	,729**	-0,202	1	0,144	,526**	
	T8_1	-0,102	-0,211	-0,139	0,118	0,026	-,295*	-0,183	0,262	,465**	,303*	,855**	,331*	-0,024	,381**	0,083	0,149	1	0,180	
	T8_2	-0,226	-0,202	-0,230	-0,063	-0,053	-0,267	-0,103	,351*	0,071	,421**	0,205	,429**	0,086	,393**	-0,056	,462**	,332*	1	

Methodology for Assessing the Level of Conditioning Preparation

The summarised results of the pedagogical experiment and the conducted analyses clearly demonstrate a pronounced synergistic effect resulting from the use of athletics hurdle exercises in the preparation of 12–13-year-old athletes. The proposed author's methodology demonstrates high effectiveness in the development of the main motor abilities—strength, the various forms of manifestation of motor speed potential, speed–strength abilities, and speed endurance.

Based on the results and analyses of the pedagogical experiment, an assessment table was developed for determining the conditioning status of athletes aged 12–13 years. The selection of tests included in the table is based on the results of the correlation analysis of the experimental group after the completion of the experiment, through which the tests with the highest interdependencies were identified, as presented in Figure 44. Out of the total of 18 tests applied in the study, seven were selected, as they demonstrated the strongest interrelationships and can simultaneously be conducted easily and objectively in a real training environment. This methodology enables an integrated quantitative and qualitative assessment of the level of development of speed and speed–strength abilities in athletes within the examined age group.

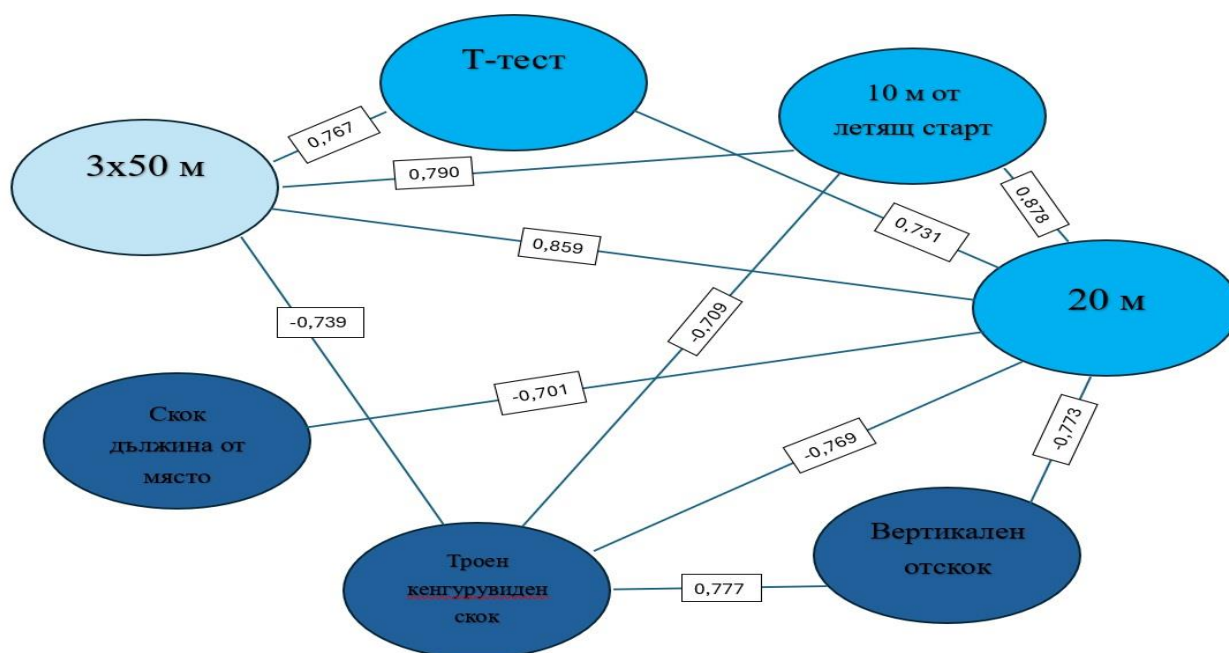


Figure 44 Level of correlation between the tests included in the assessment table at the end of the experiment in the experimental group.

Table 17 presents the calculated sigma scores for each of the seven tests included in the comprehensive assessment of speed–strength preparation.

The developed assessment table provides a reliable tool for evaluating and monitoring the level of conditioning preparation of athletes aged 12–13 years. It can be used both for diagnosing the current level of preparation and for tracking the effects of training interventions across different stages of the annual training cycle.

Table 17 *Assessment table for determining the conditioning status of athletes aged 12–13 years.*

Test	20 m (sec)	10 m FS (sec)	T-test (sec)	3x50 m (sec)	LSJ (sm)	Triple cangaroo jump (m)	Vertical jump (sm)
Verbal evaluation							
High	Below 2,93	Below 1,22	Below 9,53	Below 22,98	Above 238,61	Above 6,93	Above 40,66
Above average	2,93-3,23	1,22-1,36	9,53-10,52	22,98 -26,18	212,06-238,61	6,27-6,93	34,93-40,66
Average	3,24-3,86	1,37-1,67	10,53-12,53	26,19-32,61	158,93-212,05	4,92-6,26	23,44-34,92
Below average	3,87-4,17	1,68-1,82	12,54-13,53	32,62-35,82	132,37-158,92	4,25-4,91	17,70-23,43
Low	Above 4,17	Above 1,82	Above 13,53	Above 35,82	Below 132,37	Below 4,25	Below 17,70

CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS

Conclusions

In accordance with the main aim and the objectives of the study, the following general conclusions can be formulated:

1. The literature review revealed that, despite the well-documented multifaceted effects of hurdle exercises, scientific studies examining their synergistic effect in adolescents under the age of 14 are very limited.
2. The surveyed athletics coaches use a wide range of hurdle exercises primarily for the development of coordination abilities and speed in adolescents; however, they unjustifiably underestimate their potential

effect on speed endurance. The questionnaire survey revealed that specialists apply a large proportion of hurdle exercises mainly as a means of preparation for hurdle events and underestimate their potential in the preparation for other athletics disciplines.

3. The exercises included in the pilot study can serve as a valid model for monitoring the level of preparedness of 12–13-year-old athletes.
4. The pilot study demonstrated that the 20 m sprint, the 10 m sprint from a flying start, and the T-Test are suitable for improving specific speed abilities, movement frequency, and agility; the 3×50 m shuttle run and the 30-second vertical jumps are objective tools for monitoring strength, explosive speed–strength abilities, and speed endurance. Furthermore, the enhancement of speed–strength abilities can be achieved through conditioning exercises related to applied force and body flight time—vertical jumps, standing long jump, and triple kangaroo jump.
5. The synergistically grounded methodology with a predominant use of hurdle exercises has been shown to positively influence the development of conditioning abilities and represents an effective and applicable model for improving sports preparation in adolescents aged 12–13 years.
6. The methodology with a priority use of hurdle exercises exerts the most substantial effect on speed abilities, speed endurance, strength, speed–strength abilities with an explosive character, and agility.
7. In the experimental group (EG), significant improvements were registered in sprint test times (T1, T1_1, T2, T2_1), indicators of speed endurance (T3, T4, T4_1), indicators from tests requiring speed endurance and explosive speed–strength abilities, as well as dynamic strength endurance (T5, T6, T6_1, T6_2, T7), and in functional adaptation reflected by reduced heart rate following exertion (T4_1, T6_3). Simultaneously, optimisation of stride frequency and stride length, as well as increased explosive take-off force, was observed.
8. At the end of the pedagogical experiment, the experimental group significantly outperformed the control group in a large proportion of the examined indicators.
9. The nature of changes in the correlation relationships between motor indicators as a result of the priority application of hurdle exercises in the preparation of adolescent athletes indicates the formation of new and strengthened interrelationships between speed and speed–strength indicators (vertical jump, standing long jump, triple kangaroo jump), reflecting a higher level of integration among the main motor subsystems.
10. The emergence of significant relationships between agility tests and speed abilities indicates improved systemic organisation and efficiency of motor function.
11. The distinct restructuring of the correlation matrix in the experimental group characterises entry into a synergistic zone of self-organisation.

12. The higher degree of correlation relationships within the motor system of the experimental group confirms the effectiveness of the developed methodology and the applicability of the synergistic approach for the assessment and guidance of motor development in sports practice.

Recommendations

In the context of the above findings, the following practical guidelines and recommendations can be formulated:

1. It is recommended that the standard training programme be supplemented with running over 5–8 hurdles using 5-, 6-, and 7-step rhythms for the development of speed endurance. These runs should constitute approximately 30% of the total volume of endurance-oriented training load.
2. Alongside traditional speed exercises, it is advisable to include runs over 1–5 hurdles with varied step patterns—3-, 4-, 5-, 6-, or 7-step rhythms. This type of exercise should account for up to 40% of the training work aimed at developing speed abilities.
3. For enhancing speed–strength and strength capabilities, it is recommended that the range of applied training means emphasise exercises involving passing under hurdles from different starting positions (left/right leg forward, transverse stance), as well as two-legged jumps over hurdles, with hurdle height adapted to the age-related and individual capabilities of the athletes. The optimal ratio between conventional training means and the proposed exercises is 60:40%.
4. For the targeted development of flexibility, agility, and coordination in adolescent athletes, priority should be given to exercises performed with the use of hurdles—games, obstacle exercises, and running over hurdles.
5. The synergistic approach should be applied in the planning of training loads.

Scientific Contributions

Based on the presented research, the following scientific contributions can be identified:

1. The synergistic effect of the use of athletics hurdle exercises in 12–13-year-old athletes has been identified and scientifically substantiated.
2. Exercises have been identified that constitute a valid model for monitoring the level of preparedness of athletes aged 12–13 years.
3. A training methodology with an experimentally proven positive effect for initial sports preparation, with a predominant use of hurdle exercises in 12–13-year-old athletes, has been developed.

4. A practical systematisation of hurdle exercises applicable to adolescent athletes has been proposed.
5. An assessment table for determining the conditioning status of athletes aged 12–13 years has been developed, which can be used by coaches and specialists for monitoring and planning training preparation.
6. Practical recommendations have been formulated regarding the inclusion of hurdle exercises with the aim of optimising coaches' work in youth sport.

Publications Related to the Dissertation Topic

1. **Kasova, Y.**, Study and analysis of the role of hurdle exercises in the preparation of adolescent athletes, *Athletics & Science*, Issue 1 (23), 2023.
2. **Kasova, Y.**, Investigation of the synergistic effect of exercises for monitoring the preparedness of 12–14-year-old adolescent athletes, *Athletics & Science*, Issue 1 (24), 2024.
3. **Kasova, Y.**, Hurdle exercises as a means of preparation in adolescents, *Athletics & Science*, Issue 1 (25), 2025.