

# НАЦИОНАЛНА СПОРТНА АКАДЕМИЯ „ВАСИЛ ЛЕВСКИ“

---

КАТЕДРА „ТЕХНИЧЕСКИ И ЛЕДЕНИ СПОРТОВЕ“



**ИВАН ТОТЕВ ИВАНОВ**

**„ФАКТОРИ НА ТЕХНИЧЕСКАТА ПОДГОТВЕНOST И СПОРТНАТА  
РЕЗУЛТАТИВНОСТ В СТРЕЛБАТА С ЛЪК“**

**АВТОРЕФЕРАТ**

София, 2026

# НАЦИОНАЛНА СПОРТНА АКАДЕМИЯ „ВАСИЛ ЛЕВСКИ“

---

КАТЕДРА „ТЕХНИЧЕСКИ И ЛЕДЕНИ СПОРТОВЕ“



**ИВАН ТОТЕВ ИВАНОВ**

**„ФАКТОРИ НА ТЕХНИЧЕСКАТА ПОДГОТВЕНOST И СПОРТНАТА  
РЕЗУЛТАТИВНОСТ В СТРЕЛБАТА С ЛЪК“**

## АВТОРЕФЕРАТ

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

**Научен ръководител:**

Проф. Иван Колев Иванов, дн

**Официални рецензенти:**

Проф. Даниела Станимирова Дашева, дн

Проф. Росица Стефанова Църова, доктор

София, 2026

---

Дисертационният труд е обсъден и насрочен за публична защита от разширен научен колегиум на катедра „Технически и ледени спортове“ към факултет „Спорт“ на НСА „Васил Левски“ – София, състоял се на 11.03.2026 г.

Трудът е с обем от 189 стандартни страници, в т.ч. използвана литература, която включва 97 източника. Онагледен е с 57 фигури, 41 снимки и 7 таблици.

***Забележка:** Номерацията на разделите, фигурите и таблиците в автореферата съответстват на тези от дисертацията.*

**Научно жури за провеждане на процедура по публична защита**

***Вътрешни членове:***

1. Доц. Татяна Димчева Йорданова, доктор

2. Проф. Даниела Станимирова Дашева, дн

Резервен вътрешен член: доц. Руслан Любомиров Христов, доктор

***Външни членове:***

1. Проф. Росица Стефанова Църова, доктор

2. Проф. Проф. Димитър Петров Михайлов, доктор

3. Проф. Цветко Евгениев Цветков, доктор

Резервен външен член: проф. Йордан Славов Калайков, дн

Публичната защита ще се състои на 17.06.2026 г. (сряда) от 14:00 ч. зала А – 3 на НСА „Васил Левски“. Материалите по защитата на дисертацията са на разположение в кабинет 318 на НСА „Васил Левски“.

## **ВЪВЕДЕНИЕ**

---

Развитието на стрелбата с лък като олимпийски спорт е белязано от непрекъснато нарастване на конкуренцията и динамично повишаване на спортните резултати на международната арена. Тази тенденция налага необходимостта от внедряване и усъвършенстване на иновативни, научно обосновани методи за техническа подготовка, които да гарантират оптимално и надеждно постигане на високи спортни резултати.

Дисертационният труд на тема „Фактори на техническата подготвеност и спортната резултативност в стрелбата с лък“ е насочен към изследване и научно доказване на влиянието, което различните фактори на техническата подготовка оказват за повишаване на спортните резултати на състезателите в този спорт.

Практическото значение на тази разработка се изразява в това, че резултатите от изследването на факторите, които влияят върху спортната успеваемост, предоставят възможност на треньорите и спортистите да изграждат по-целенасочен и ефективен тренировъчен процес. Това съдейства за подобряване на техническата, тактическата и психологическата подготовка на стрелците, което води до повишаване на нивото на спортните постижения.

## **ГЛАВА ПЪРВА ЛИТЕРАТУРЕН ОБЗОР И ПОСТАНОВКА НА ПРОБЛЕМА**

---

### **1.7.Постановка на проблема. Работна хипотеза.**

Стрелбата с лък е сложен статичен спорт, който изисква максимално съчетаване на технически умения, физическа подготвеност и психическа устойчивост.

Съвременното развитие на този спорт, непрекъснатото повишаване на спортните резултати и увеличаващата се международна конкуренция в световен мащаб налагат необходимостта от разработване и въвеждане на по-ефективни методи за техническа подготовка, които да подпомогнат по-бързото достигане до високи и устойчиви спортни резултати.

## **НАУЧЕН ПРОБЛЕМ**

---

Научният проблем на нашето изследване, се отнася до обективната идентификация, количествена оценка и откриване на важни (ключови) фактори, които влияят върху техниката и спортната резултатност при състезатели по стрелба с лък. Въпреки наличието на литературни източници, изследвали отделни елементи на техниката, в българската и международната научна литература все още липсва цялостен биомеханичен модел, който да свързва конкретни кинематични параметри със спортния резултат или поне такъв не е известен да е разработен. Проблемът се изразява в невъзможността, чрез традиционни методи (наблюдение, субективна оценка), да се постигне висока прецизност и персонализиране на тренировъчния процес. Това налага използването на съвременни инструментални методи за анализ като Noraxon MioMotion, за да се открият в най-висока степен определящите технически компоненти (или елементи), които могат да бъдат обект на корекция и оптимизация.

Съвременната спортна практика показва, че прогресът при елитните състезатели е в силна зависимост от малките детайли в техниката и тяхната повтораемост. При ограничени

възможности за субективна оценка, особено на бързи и комплексни движения като процеса на опъване на лъка и възпроизвеждане на изстрела, именно тези прецизни инструментални измервания дават възможност за обективизация на техническите грешки. Характерно при стрелбата с лък е тенденцията към повторемост на движенията, което често води до автоматизиране на неточни и на неидеални изпълнения. Недостатъчната персонализация и научно обосновани подобрения в тренировъчната дейност затрудняват постигането на прогрес, особено при млади или амбициозни спортисти.

Чрез въвеждането на системни електронни технически изследвания и анализ е възможно:

- ↪ Да се идентифицират важните (ключови) технически елементи в стрелбата с лък.
- ↪ Да се адаптират упражненията и корекциите така, че да отговарят на индивидуалните потребности на всеки стрелец.
- ↪ Да се ускори и подобри оптимизирането на техниката, като се минимизират рисковете от контузии, свързани с неправилни, компенсаторни движения.

---

## ХИПОТЕЗА

---

Въз основа на формулираният научноизследователски проблем предположихме, че чрез интегрираното използване на инструментален биомеханичен анализ би било възможно да се идентифицират конкретни кинематични параметри (например ъгли, стабилност и вариабилност), които корелират със спортната резултативност при стрелците с лък.

Допускаме, че стабилността в позициите на ключови ставни комплекси (раменен пояс, лакът, китка и глава) има съществено значение за постигане на висок резултат.

Считаме, че чрез персонализиран и научно доказан подход към тренировъчния процес и корекцията на техниката, подкрепен с информационни данни от системата Noraxon MioMotion, спортните резултати могат да се подобрят значително в сравнение със стандартните, предимно интуитивни методи на тренировка.

Така формулираният научен проблем и работна хипотеза създават основа за ясно определени цели, задачи и методи на изследване, които са в синхрон със съвременните тенденции в спортната наука и с нуждите на практиката.

## ГЛАВА ВТОРА

### МЕТОДОЛОГИЯ НА ИЗСЛЕДВАНЕТО

---

#### 2.1. Цел, задачи, обект и предмет на изследването

**Целта** на настоящото изследване е да се подобри ефективността и резултатността на техническото изпълнение при състезатели по стрелба с лък чрез идентифициране и анализиране на ключови компоненти и елементи на техниката.

**Задачите на изследването са:**

1. Анализ на съвременни литературни източници, свързани с техниката, факторите за спортна резултативност и биомеханичните особености в стрелбата с лък.
2. Проучване на мнението на състезатели по стрелба с лък върху проблемите в тренировъчната дейност, оценката на техниката и спортните резултати, трудностите

при подготовката и в състезателната среда, особеностите на физическата и психологическата подготовка, както и върху някои вътрешни и външни фактори, оказващи влияние върху стрелбата при спортистите.

3. Извършване на инструментални биомеханични измервания за определяне на кинематичните параметри, характеризиращи техниката на стрелба.
4. Анализ на средните стойности и вариативността на факторите на техническата подготвеност във всяка от основните фази на изпълнение.
5. Разработване на нормативна база и оптимизационни модели на техническата подготвеност при състезатели по стрелба с лък.

**Обект** на изследването са факторите на техническата подготвеност, които оказват влияние върху спортната резултативност при стрелбата с лък.

**Предметът** на изследването е процесът на техническа подготовка при стрелбата с лък.

**Изследваните лица** са състезатели по стрелба с лък от различни възрастови групи, практикуващи олимпийски стил - рекърв, с различна спортна квалификация и стаж, като част от тях са включени в националния отбор на България. Обхванати са 18 картотекирани спортисти (7 мъже и 11 жени) на възраст между 12 и 53 години, с различен спортен опит – от начинаещи до напреднали, всички стрелящи с дясна ръка.

## **2.2. Методи на изследването**

### ***1. Проучване и анализ на литературни източници***

Проучени, систематизирани и обобщени са научни публикации, дисертации, учебни помагала и книги, обхващащи историческите аспекти на развитието на стрелбата с лък, факторите на техническата подготовка при стрелците, съвременните теории и практика за оптимизация на спортната техника и подготовка, както и актуални биомеханични, психологически и методически подходи в областта.

Бяха анализирани общо 97 източника, от които 31 са на кирилица, а 66 на латиница.

### ***2. Емпирично изследване***

Провеждане на експериментални наблюдения и тестове със състезатели по стрелба с лък, включващо проследяване на изпълнението на спортната техника и оценяване на индивидуалните характеристики на участниците в изследването.

### ***3. Анкетно проучване***

Бяха събрани целенасочени данни за: демографския профил на изследваните лица, особеностите на тренировъчния процес, субективната оценка на техниката, психофизическата подготовка, трудности и фактори, оказващи влияние върху състезателите чрез структурирани въпроси. Данните от нашето проучване предоставиха ценна информация за мнението на изследваните лица относно индивидуалния тренировъчен подход, използваните психологически стратегии и степента на приемане на технологиите в тренировъчния процес.

### ***4. Биомеханичен и видео анализ***

Изследването беше реализирано съвместно с Центъра за научна и приложна дейност в спорта (ЦНПДС) към НСА „Васил Левски“. Проведен е комплексен анализ на техниката при изпълнение на стрелбата, осъществен посредством видеозаписи, специализиран софтуер Noraxon MR3.18 и MioVideo, инструменти за измерване на кинематични параметри, осигуряващи обективна оценка на движенията.

Използването на специализирания софтуер (Noraxon MR3.18) ни предостави надеждни и обективни данни за ключови параметри на техническата подготовка, които корелират с резултатите при стрелбата.

### ➤ Критерии за избор на участници в изследването

В изследването взеха участие общо 18 картотекирани състезатели по стрелба с лък (7 мъже и 11 жени) на възраст между 12 и 53 години, с различен спортен опит - от начинаещи до напреднали, като част от тях са включени в националния отбор на България. Повечето спортисти са жени, като този дисбаланс се дължи на по-големия брой представителки на женския пол в клуба. Всички състезатели са членове на спортен клуб „Феникс Арчъри“, който развива дейност в гр. София.

### ➤ Параметри на изследването

Изследваните параметри включват обширен набор от кинематични показатели, измерени чрез Noraxon MioMotion, които описват движението и позиционирането на ключови стави и сегменти на тялото, както и движението на лъка:

→ **Ставни ъгли и движения на раменете и лакътя:** RT (дясната страна) Elbow Flexion, LT (лявата страна) Shoulder Total Flexion, RT Shoulder Total Flexion, LT Shoulder Flexion, RT Shoulder Flexion, LT Shoulder Abduction, RT Shoulder Abduction, LT Shoulder Rotation - out, RT Shoulder Rotation - out.

→ **Параметри на главата:** Head course (завъртане), Head pitch (наклон напред/назад), Head roll (наклон настрани).

→ **Параметри на предмишницата:** LT Forearm course, LT Forearm pitch, LT Forearm roll.

→ **Параметри на лъка:** Bow course, Bow pitch, Bow roll.

→ **Ъгли на движение на лявата ръка:** LT Angle X, LT Angle Y; както и общ азимутален Angle Z.

Тези параметри покриват трите основни оси на движение (сагитална, фронтална и трансверзална), което позволява цялостен триизмерен анализ на техниката по време на всяка фаза на стрелбата: от захвата и опъването до произвеждането на изстрела и проследяването на стрелата.

### 5. Математико-статистическите методи

При статистическия анализ беше извършена прецизна обработка на събраните количествени данни чрез статистически методи.

1. Вариационен анализ за определяне на средните стойности и вариативност и изследваните показатели в трите фази.
2. Сигмален метод – за количествена оценка на състоянието на измерваните признаци. На базата на средното ниво за цялата изследвана съвкупност (състезатели по стрелба с лък) е разработена нормативна таблица, която позволява лесно и бързо да бъде оценен всеки индивидуален или отборен резултат. Оценките T са нормирани величини, представени в 50-бална точкова система, позволяваща да се сравняват постиженията по различно оразмерени тестове и показатели. Средното ниво на цялата съвкупност отговаря на 25 точки. В случаите, когато на по-ниска стойност на резултата по даден показател отговаря по-високо качество, скалата за оценка се обръща.
3. Процент относителен дял за обработка на резултатите от анкетното проучване. Използвани са програмни продукти като SPSS (версия 25) и Excel.

## 2.3. Организация на изследването

### ➔ *Етапи на изследването*

Изследването беше разделено и проведено в пет основни етапа:

- ☞ I-ви етап (01.01.2018 – 30.06.2019). Ориентиране в проблематиката и изясняване на структурата на дисертационния труд. Формулиране на научен проблем, цел, задачи, хипотеза и очаквани резултати. Теоретично проучване и анализ на литературни източници.
  - ☞ II-ри етап (01.07.2019 – 30.06.2020). Изясняване на проблематиката свързана с факторите на техническата подготвеност и спортната резултативност в стрелбата с лък. Съставяне на детайлен план на експерименталната част и изясняване на концепцията за методологията. Разработване частично на първа глава от дисертационния труд.
  - ☞ III-ти етап (01.07.2020 – 31.12.2021) Разработване частично на втора и трета глава. Провеждане на експерименталната част. Подготовка на таблици, фигури, снимки, приложими към дисертационния труд. Детайлно описание и анализ на експерименталната част.
  - ☞ IV-ти етап (01.01.2022 – 31.01.2026). Подготовка и публикуване на две научни статии. Цялостно завършване и техническо оформяне на дисертационния труд.
  - ☞ V-ти етап (01.02.2026 – 30.06.2026) Внасяне на дисертацията за обсъждане в катедрата и допускане до вътрешна защита.
- Процедури и осъществяване на публична защита на дисертационния труд.

## ГЛАВА ТРЕТА

### РЕЗУЛТАТИ ОТ ИЗСЛЕДВАНЕТО И АНАЛИЗ

---

#### **3.1. Анкетно изследване на факторите, влияещи върху техническата подготвеност и спортните резултати при стрелците с лък**

Анкетната карта е разработена с цел изследване на вътрешните и външните фактори, оказващи влияние върху техническата подготовка и спортната резултативност на състезателите по стрелба с лък от спортен клуб „Феникс Арчъри“. Чрез нея получихме данни, свързани с възраст, пол, спортен опит, тренировъчна дейност, психологическа устойчивост и други аспекти на подготовката, които имат съществено значение за постигането на високи спортни резултати и за индивидуалното развитие на състезателите в условията на съвременния спорт.

Получената информация спомага за комплексен анализ на влиянието на отделните фактори върху техническата подготвеност и спортните постижения, като същевременно позволява да бъдат очертани основни тенденции и зависимости, характерни за респондентите.

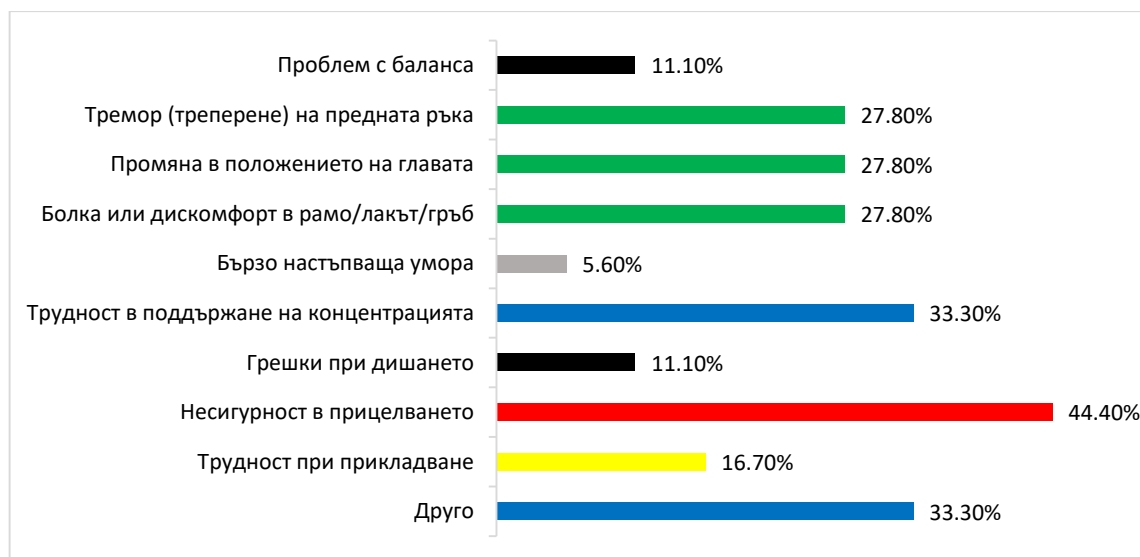
Данните от анкетната карта показват, че най-много многобройни са изследваните състезатели до 15 години (33%), следвани от тези между 16–20 години (28%). Това показва сериозно подмладяване на отбора, тъй като по-възрастните (над 30 г.) са по-малко на брой, но те са с повече опит и устойчивост на резултатите. По-голямата част спортистите са жени (61%), а мъжете са 39%. Този дисбаланс се обяснява с по-големия брой представителки на женския пол в СК „Феникс Арчъри“.



Най-голям е делът на състезателите със спортен опит между 6 и 10 години (44%), следвани от тези с до 5 години (28%), по-опитните с над 16 години – 17% и между 11 и 15 г. с най-малък процент (11%). Изследваните състезатели са предимно млади и със среден стаж, което предполага влияние върху стабилността на техниката и спортните резултати.

Състезателите тренират 2-3 пъти седмично (83 %), като част от тях са включени в националния отбор и тренират над 5 пъти (6%). Изследваните спортисти посочват, че най-силните елементи от техниката им са стабилност на предна ръка (5 човека), добра позиция (линия) на тялото, стабилната стойка, добър контрол на раменете и гърба, постоянство на дясната ръка, непрекъснато теглене и плавна работа над кликера, и пускане (2 човека). Като основни слабости стрелците посочват: трудности при пускането на изстрела (4 души), нестабилност на предна ръка (5 души), несигурен хват (2 души), скъсване на изстрела (2 души), както и проблеми в позицията и стойката, несигурност при тегленето (2 души) и контрол над кликера.

Информация за трудностите, с които се срещат състезателите по време на тренировъчния процес е представена на **Фигура 6**, като се открояват несигурността в прицелването (44.4%) и трудност в поддържането на концентрация (33.3%).



**Фигура 6.** Трудности при изпълнение на стрелба

В отговор „други“ (33.3%) респондентите посочват специфични проблеми като уеднаквеност при пускането, грешка при хвата на ръкохватката и напалчика, лош ритъм на изтегляне на кликер, посока и ритъм, както и пропадаване на мерника.

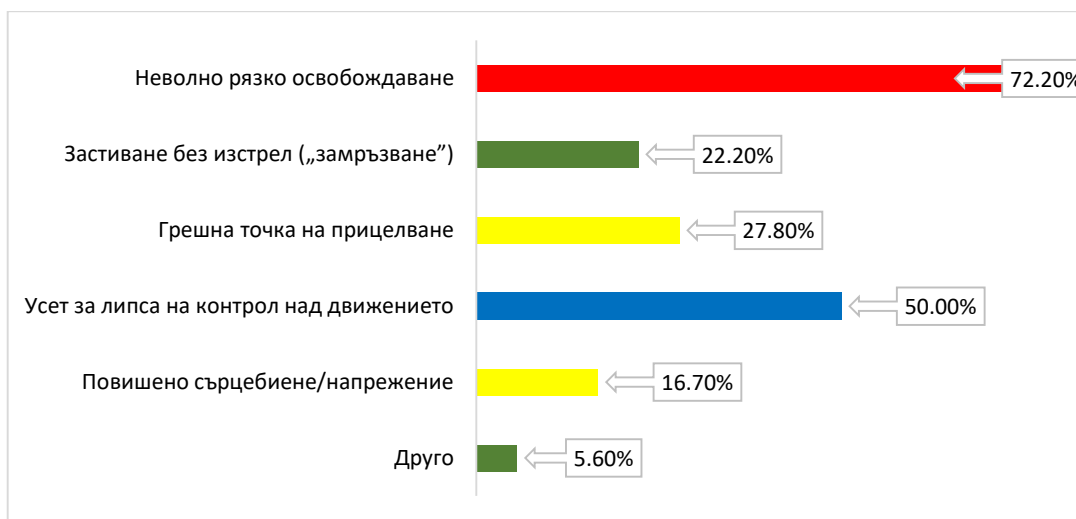
Техническата подготовка и увереността са важни фактори за постигането на високи спортни резултати. Едва 5.6% от участниците считат, че притежават напълно изградена техника.

На въпроса „Кои технически елементи считате за най-важни за Вашия резултат?“ преобладаващата част от състезателите 94.7% (17), посочват стабилната предна ръка като важен технически елемент за повишаване на спортните резултати. Висок дял заемат също хватът на лъка и пускането (освобождаването на тетивата) по 77.8%.

По-голямата част от състезателите системно анализират резултатите си след тренировка, което подпомага тяхното развитие и усъвършенстване.

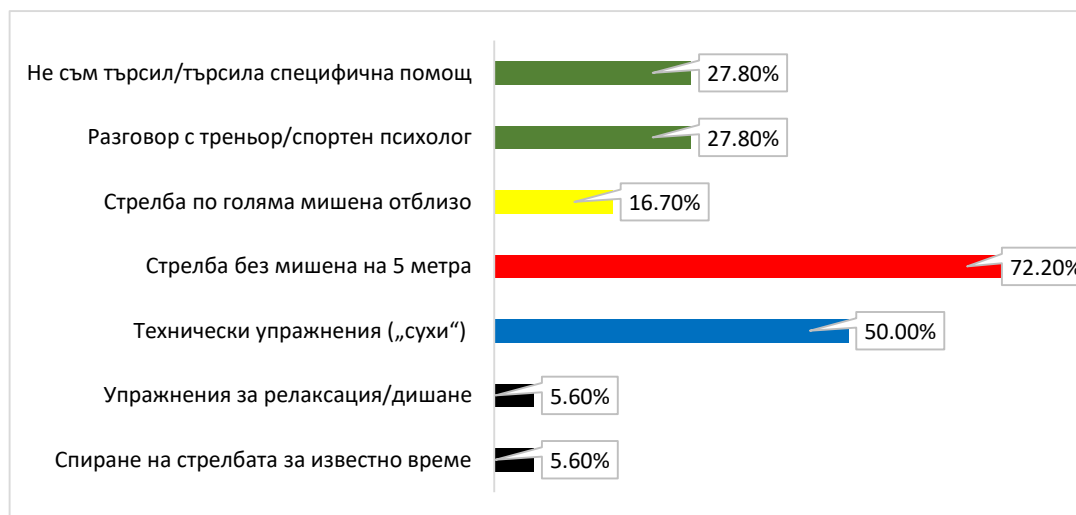
От резултатите е видно, че повечето от състезателите изпитват психологическия проблем „таргет паник („target panic“) и използват комбинация от саморегулация, психологически техники и индивидуални методи за справяне.

Интересни са данните при разглеждането на симптомите, при които се проявява „target panic“, като най-често срещания е неволното и рязко освобождаване на тетивата, отчетено от 72.2% от анкетиранияте състезатели по стрелба с лък. (Фигура 8).



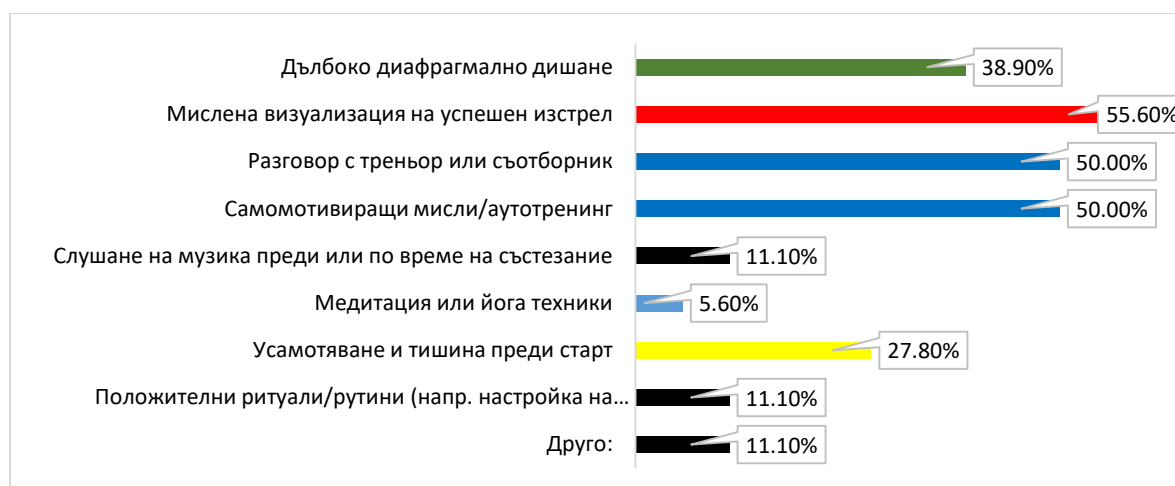
**Фигура 8.** *Симптоми на „target panic“ при стрелците с лък*

В анализа на използваните техники и подходи за справяне с „target panic“ се откроява стрелба без мишена като основен метод за редуциране на напрежението и възстановяване на контрол върху изпълнението, като 72.2% от състезателите го предпочитат (Фигура 9).



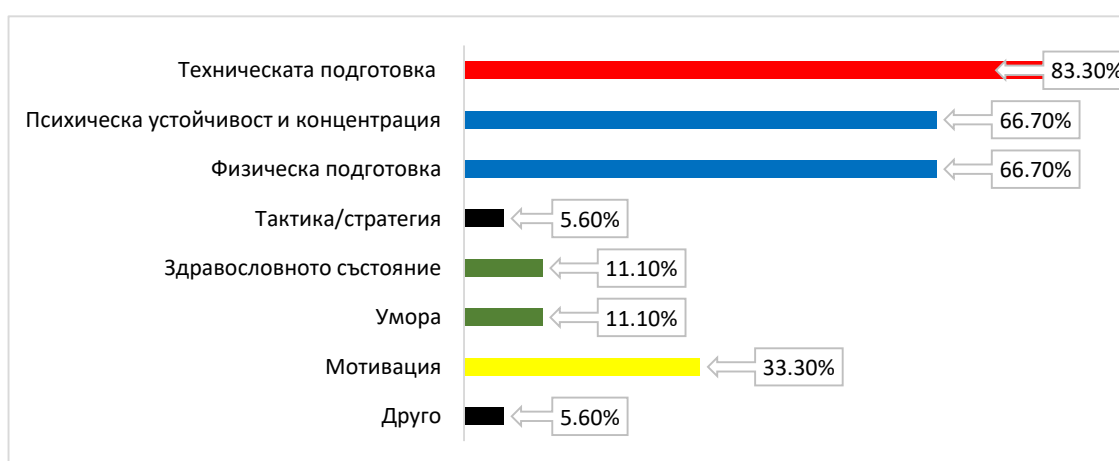
**Фигура 9.** *Методи за справяне със ситуация на „target panic“*

При справяне с напрежението по време на състезание състезателите прилагат разнообразни методи, сред които най-често използвана е мислената визуализация на успешен изстрел (автогенна тренировка), посочена от 55.6% от анкетиранияте (Фигура 10).



**Фигура 10.** Методи за справяне с напрежението по време на състезание

Интерес представлява мнението на изследваните състезатели относно личните (вътрешни) фактори, които най-силно влияят върху крайния резултат при стрелбата с лък (Фигура 12).



**Фигура 12.** Лични (вътрешни) фактори, които най-силно влияят на крайния резултат при стрелба с лък

Като основен вътрешен фактор за висока спортна резултатност, 83.3% от участниците посочват именно своите технически умения. Съществено значение имат и психическата устойчивост и концентрацията, както и физическата подготовка, които са посочени съответно от 66.7% от анкетираните.

Респондентите посочват като външни фактори, влияещи върху крайния резултат, метеорологичните условия (77.8%), напрежението от състезателната обстановка (55.6%), материалната част (44.4%) и характеристиките на залата или терена като осветление, шум, пространство (38.8%).

Комплексният подход към подготовката е от решаващо значение за високите спортни резултати. Много голямата част от анкетираните състезатели (94.4%) са убедени, че общата физическа подготовка оказва значимо влияние върху спортния резултат, като 61% от тях включват 2-3 пъти седмично упражнения за обща физическа подготовка (без стрелба) в седмичния си тренировъчен режим, докато едва 5 % никога не ги практикуват.

От всички анкетирани 89% не практикуват други спортове извън стрелбата с лък, което показва съсредоточаване върху една дисциплина и ниска спортна мултиактивност сред изследваната група.

Прави впечатление, че за да усъвършенстват своята техника всички състезатели (100%) предпочитат като най-ефективна индивидуалната устна обратна връзка с конкретни насоки от треньор (Фигура 15).



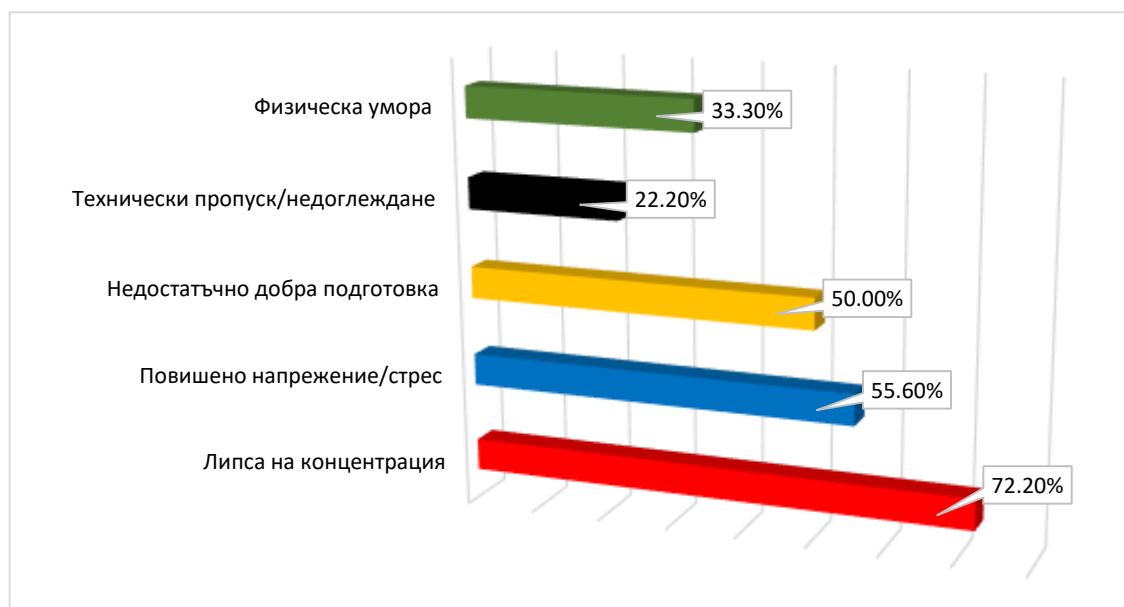
**Фигура 15.** *Предпочитана обратна връзка за усъвършенстване на техниката*

Груповото обсъждане с други състезатели е важно за 55.6%, а видеоанализът е необходим за 44.4% от анкетираните. Демонстрации на техника от треньор или елитен спортист са оценени положително от 38.9%, докато самонаблюдението и воденето на бележки са посочени от 27.8%. Значително по-малко внимание е отделено на дигиталните приложения (22.2%) и биомеханичните измервания (22.2%) като средства за следене и оптимизация на развитието.

Интерес представлява мнението на изследваните лица относно тренировките за психическа устойчивост като задължителна част от спортната подготовка, като 77.7% от анкетираните ги определят като необходими, докато едва 5.6% не споделят това становище. Резултатите показват ясно изразена необходимост от системна работа със спортен психолог, който има важна роля за психическата устойчивост, концентрацията, ефективното справяне със стреса и преодоляването на трудни моменти в спортната среда.

При спад в концентрацията по-голямата част от стрелците (66.7%) предпочитат вътрешна повторна настройка чрез ментална репетиция и припомняне на ключови елементи от техниката. Кратка пауза като стратегия за възстановяване на концентрацията избират 16.7% от анкетираните, 11.1% не предприемат конкретни действия, а едва 5.6% обсъждат ситуацията с треньора. Това показва, че саморегулацията е водещ механизъм за справяне с временен спад във вниманието, а външната подкрепа остава по-слабо използвана в подобни моменти.

Най-много състезатели (72.2%) отдават техническите си грешки на липса на концентрация (Фигура 16), докато стресът и напрежението са причина за грешки при 55.6% от тях.



**Фигура 16.** На какво обикновено отдавате техническа грешка?

В обобщение изследваните лица приемат, че основните причини за допусканите технически грешки при стрелба с лък са свързани предимно с психически фактори, като недостатъчна концентрация и повишен стрес, докато физическата умора и техническите пропуски се оценяват като фактори с по-слабо влияние.

**В заключение можем да обобщим**, че както външните фактори (шум, разговори, конкуренция), така и вътрешни психологически фактори (мисли, емоционално напрежение) силно влияят върху способността за концентрация при стрелба с лък, като управлението им е от ключово значение за спортния успех.

Резултатите от анкетното проучване показват, че основните фактори за техническа подготвеност и спортна резултативност в стрелбата с лък са свързани с целенасочен и структуриран тренировъчен процес, като трябва да се обърне внимание на основни технически елементи (стабилност на предна ръка), системно самонаблюдение и анализ на изпълнението, както и укрепване на психическата устойчивост и способността за концентрация.

От данните е видно, че сравнително младите и средно опитни състезатели постигат възходящи резултати, но в същото време проявяват и известни колебания, свързани с умора, стрес и затруднения с контрола на техниката, което налага индивидуален подход и по-активна работа с треньори и спортни психолози.

Изследването потвърждава, че комбинирането на висококачествена техническа подготовка с използване на видеоанализ и съвременни технически средства, съчетано със системна психологическа подкрепа и целенасочено развитие на физически качества, е основополагащо за повишаване на спортните резултати при изследваните стрелци с лък.

### 3.2. Средни стойности и вариативност на факторите за техническата подготвеност

В глава 3 на дисертационния труд е представен подробен анализ на биомеханичните показатели, събрани във „Фаза 1“ (приклад), „Фаза 2“ (изтегляне под кликер) и „Фаза 3“ (възпроизвеждане на изстрел).

Анализът е структуриран по групи показатели с оглед на логическото и функционално взаимодействие: флексия на лакътя и рамото, абдукция и ротация на рамото, положение на главата, движения на предмишницата, положение на лактите и пространствени ъгли на тялото.

Общият брой показатели е 21, а получените данни са обработени като средни стойности ( $\bar{X}$ ), минимални (MIN) и максимални стойности (MAX), стандартно отклонение ( $S\pm$ ), коефициент на вариация ( $V\%$ ) и реален диапазон на вариране ( $R = MAX - MIN$ ) за всяка кинематика променлива (*Приложение №2, №3, №4*).

#### Анализът е структуриран по трите основни фази на изстрела:

- ☞ „Фаза 1“ (приклад) – след начално заемане на позиция и първоначално опъване на тетивата.
- ☞ „Фаза 2“ (изтегляне под кликер) – допълнително изтегляне на кликера, като едновременно с това не се променя цялата основна позиция.
- ☞ „Фаза 3“ (изстрел) – освобождаване на тетивата в посока, противоположна на посоката на излитане на стрелата.

След анализа на всяка фаза поотделно са изведени кратки междинни изводи и заключения, като в края на трета главата фазите се разглеждат в сравнителен аспект и цялостно от гледна точка на стрелковата техника и спортния резултат (точков резултат от шестте изстрела).

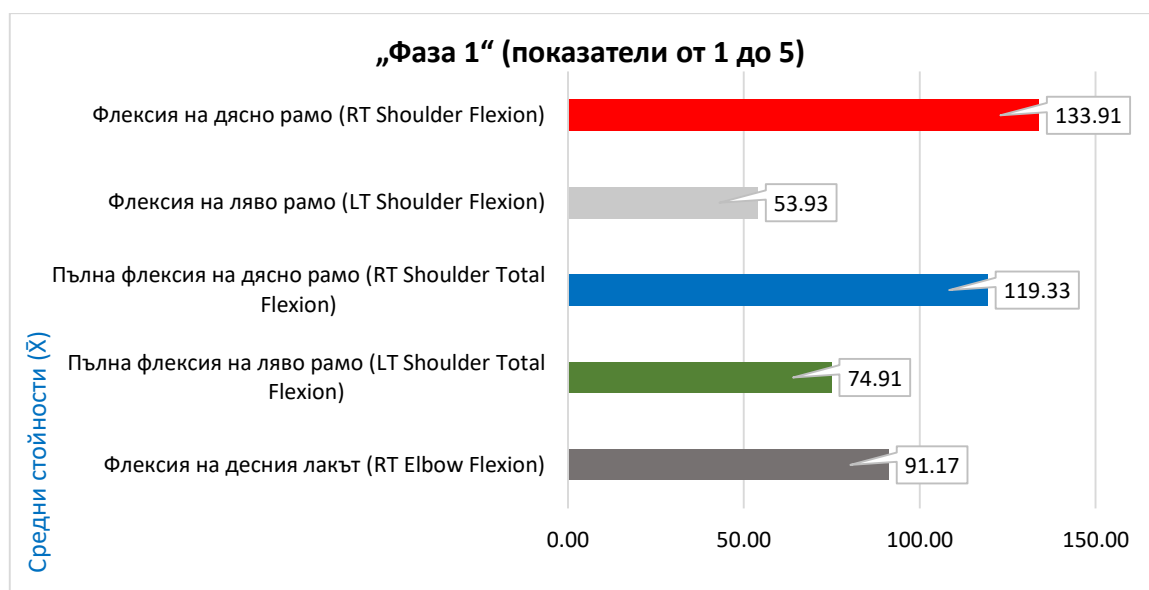
#### 3.2.1. Средни стойности и вариативност на показателите за „Фаза 1“ (приклад)

В спортната стрелба с лък фазата на приклада е ключова за стабилизирането на системата „стрелец-лък“ преди изстрела.

Във „Фаза 1“ (приклад) изследваните лица опъват лъка до позиция, в която тетивата докосва брадата и носа. Поставянето на тетивата под челюстта и насочването на мерника към мишената (грубото прицелване) са характерни за тази фаза. Това е моментът преди пълното изтегляне, при който системата „стрелец-лък“ се стабилизира, подготвяйки се за изстрела.

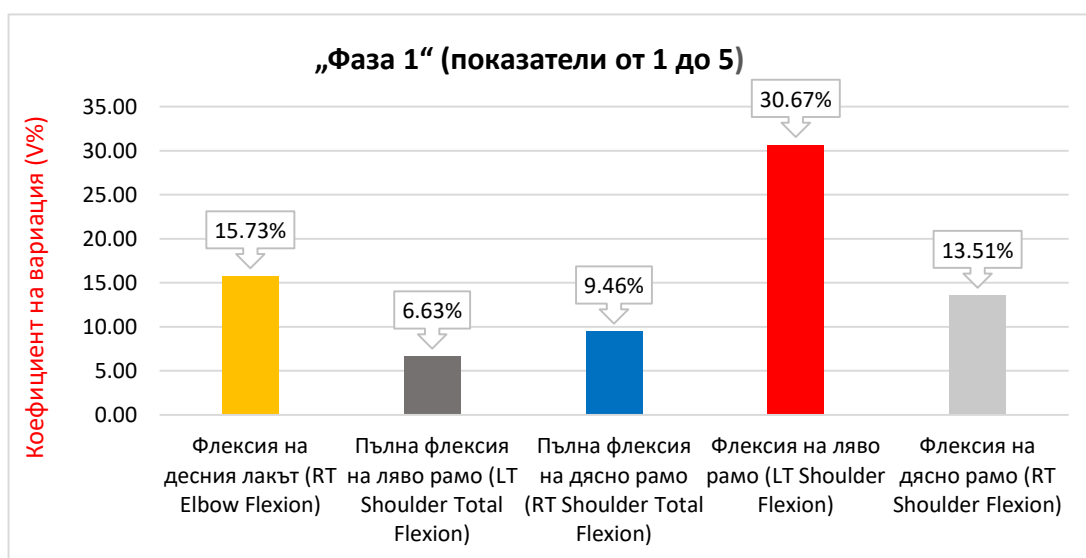
#### ☞ Анализ на „раменно-лакътен комплекс“ (показатели 1–5)

**Фигура 18** илюстрира в сравнителен аспект средните стойности ( $\bar{X}$ ) при „раменно-лакътния комплекс“, а **Фигура 19** отразява вариативността на изследваните показатели в тази фаза.



**Фигура 18.** Средни стойности на показателите от „раменно-лакътния комплекс“ във „Фаза 1“ (°)

Средната стойност ( $\bar{X}$ ) на „флексия на лакътя при дясната ръка“ (RT Elbow Flexion) е 91.17 градуса със стандартно отклонение ( $S \pm$ ) от 14.34 градуса и коефициент на вариация ( $V\%$ ) от 15.73%. Диапазонът на измерените стойности  $R=57.8$  градуса, вариращи от минимална стойност (MIN) 67.14 до максимална (MAX) 124.94 градуса. Данните сочат, че при позициониране в приклада спортистите заемат сходен, но не еднакъв ъгъл на „флексията на десния лакът“, което е очаквано, тъй като опъващата ръка (при десничари дясна) може да бъде позиционирана малко по-навън или по-назад в зависимост от индивидуалната антропометрия, дължината на опън и предпочитаната точка на приклада. Стойностите на коефициента на вариация ( $V\%$ ) са в диапазона 15–16% и отразяват умерена вариативност (хомогенност) както между отделните стрелци, така и между отделните изстрели в групата, което предполага относително еднаква позиция на лакътя в разглежданата фаза (**Фигура 19**).



**Фигура 19.** Вариативност на изследваните показатели от „раменно-лакътния комплекс“ при „Фаза 1“

Данните при изследването на „флексията и пълната флексия в раменните стави“ също дават важна информация, като средната стойност ( $\bar{X}$ ) за „пълна флексия на лявото рамо“ (LT Shoulder Total Flexion) е 74.91 градуса при ниско стандартно отклонение ( $S \pm 4.97$  градуса) и  $V=6.63\%$ . Диапазонът е относително ограничен, около 24 градуса. Това показва сравнително уеднаквена позиция на раменния пояс от страната на лъка (ляво рамо), което е показател за стабилност на ръката, която държи лъка.

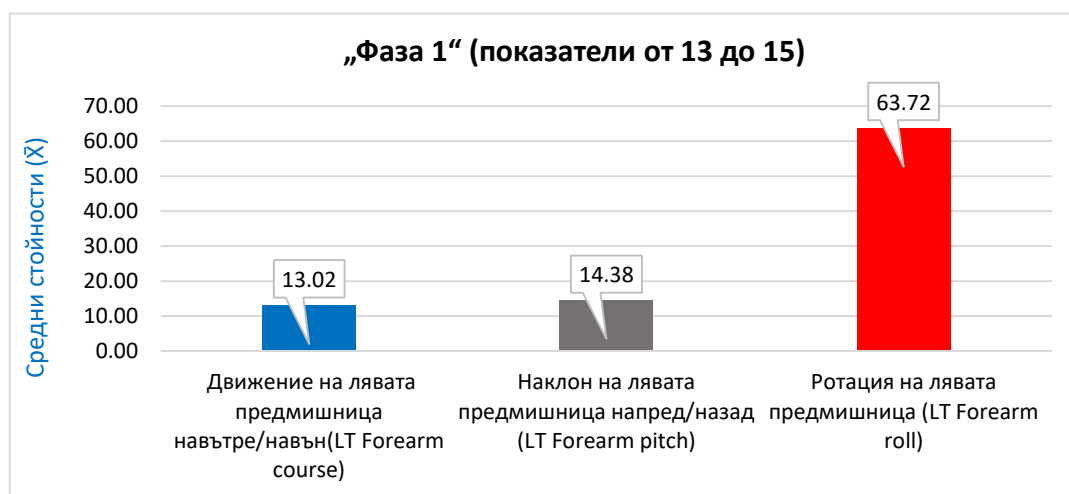
Сходна тенденция се наблюдава и при „пълната флексия на дясното рамо“ (RT Shoulder Total Flexion), където средната стойност ( $\bar{X}$ ) е 119.33 градуса, със  $S \pm 11.29$  градуса и  $V=9.46\%$ , а диапазонът на вариация достига около 42 градуса. Тук вариативността е по-висока, тъй като дясното рамо (дърпащата ръка) е активно и в зависимост от мястото на приклад и на антропометричните показатели на мишница и предмишница състезателите застават в различен ъгъл по време на задържането. И при двата показателя  $V$  е от 6.63% до 9.46 % , което е под 10 % и показва хомогенна и еднородна извадка, съответно ниска вариативност.

Показателите на „флексията на ляво рамо“ (LT Shoulder Flexion) и „дясно рамо“ (RT Shoulder Flexion) потвърждават асиметрията между ръката, която държи лъка, и ръката, която тегли. Средната стойност ( $\bar{X}$ ) за „флексия на ляво рамо“ е 53.93 градуса и има много висок диапазон ( $R=68.46$  градуса, от 19.61 до 88.07 градуса) и висок  $V=30.67\%$ . Това е индикация за значителни индивидуални различия в позиционирането на лявото рамо във фазата на приклада. В практиката, това е моментът, в който стрелците стабилизират нивото на рамото, като по-опитните обикновено държат раменете по-ниско, докато по-неопитните състезатели компенсират с повдигането им.

Аналогично, „флексията на дясното рамо“ е със средна стойност ( $\bar{X}$ ) 133.91 градуса и коефициент на вариация  $V=13.51\%$ . Въпреки че диапазонът ( $R$ ) на стойностите е сравнително широк,  $V\%$  остава в границите на относително стабилни параметри, което показва сравнително еднородна и хомогенна извадка. Тези резултати предполагат, че позицията на рамото на теглещата ръка се поддържа относително постоянна при изследваните състезатели.

### ➤ *Предмишница на опорната ръка (показатели 13–15)*

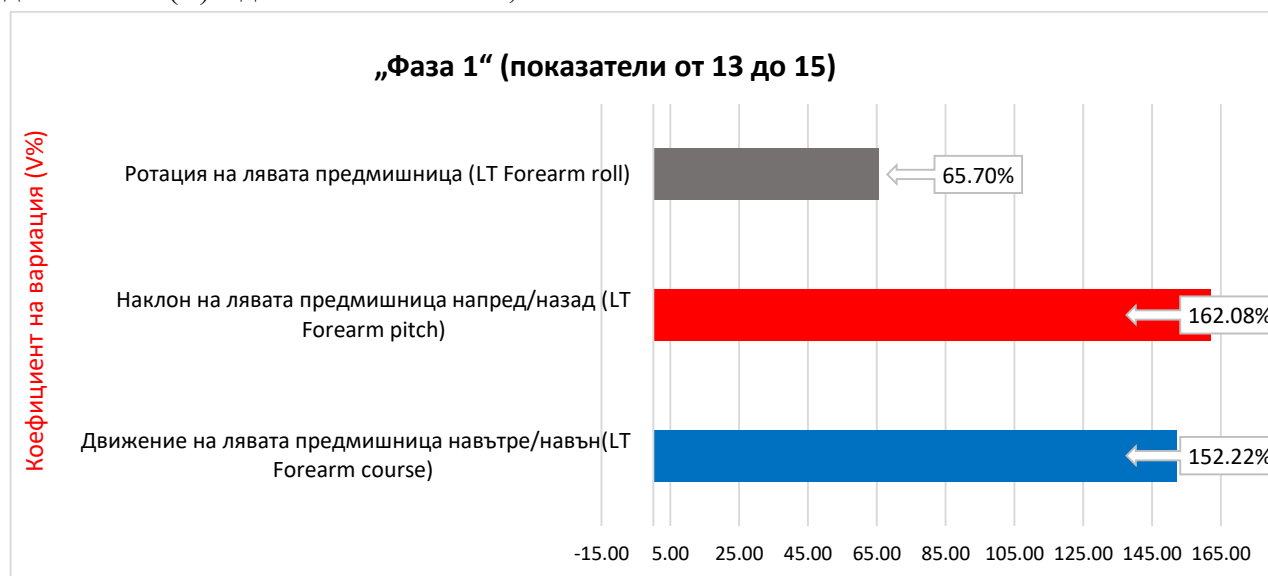
**Фигура 24** илюстрира средните стойности на показателите за предмишницата на опорната ръка, а **Фигура 25** отразява вариативността на изследваните показатели.



**Фигура 24.** Средни стойности на предмишница на опорната ръка при „Фаза 1“ (°)



Коефициентът на вариация  $V\%$  и при трите показателя е с много високи стойности (Фигура 25): „движение на лявата предмишница навътре/навън“ (LT Forearm course) има средно 13.02 градуса, ( $S\pm$ ) 19.82, с  $V=152.22\%$ ; „наклон на лявата предмишница напред/назад“ (LT Forearm pitch) има средно 14.38 градуса, ( $S\pm$ ) е 23.31, а  $V\%$  е 162.08%; „ротация на лявата предмишница“ (LT Forearm roll) средно 63.72 градуса, а  $V=65.70\%$ . И при трите показателя диапазонът (R) е доста голям: 112.61, 137.88 и 160.01.



**Фигура 25.** Вариативност на положението на предмишницата във „Фаза 1“

Сравнявайки коефициента на вариация ( $V\%$ ) при трите показателя, въпреки че всички са в зоната на нестабилност и нехомогенност, стойностите при „ротацията на лявата предмишница“ (LT Forearm roll) се открояват, че са три пъти по-ниски.

Диапазонът е голям при „наклон на предмишницата“ (LT Forearm pitch)  $R=137.88$  градуса. Това доказва, че по време на приклада мястото за натиск в ръкохватката започва да се променя, тъй като това е подготовка към „Фаза 2“ изтеглянето на кликера. Китката на ръката, която държи лъка, е един от най-променливите елементи във „Фаза 1“, тъй като неконстантното прилагане на сила върху ръкохватката може да доведе до странични отклонения на лъка и да влоши прецизността.

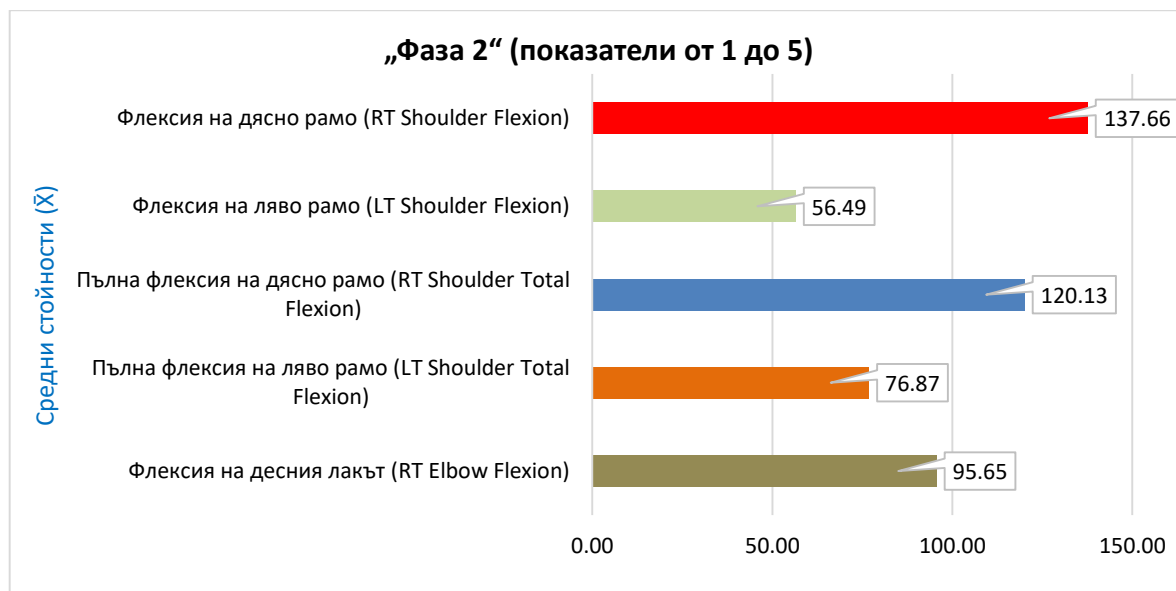
**В заключение може да обобщим**, че „Фаза 1“ може да бъде определена като конфигурационна и подготвителна фаза, в която системата „стрелец-лък“ се подрежда и насочва към целта, но все още не е достигната оптимална стабилност. Тя се характеризира със значителна индивидуална вариативност, особено при елементите с малка механична опора.

### 3.2.2 Анализ на „Фаза 2“ (изтегляне под кликер)

„Фаза 2“ включва доизтеглянето на тетивата до момента, в който кликерът сигнализира за една и съща дължина на изтегляне. В тази фаза напрежението е максимално и в по-голямата си част динамично. Тук се цели най-висока повтораемост, тъй като всеки изстрел трябва да бъде осъществен от една и съща позиция. Високата точност в тази фаза (нисък  $V\%$ ) обикновено корелира с добрата групировка на попаденията.

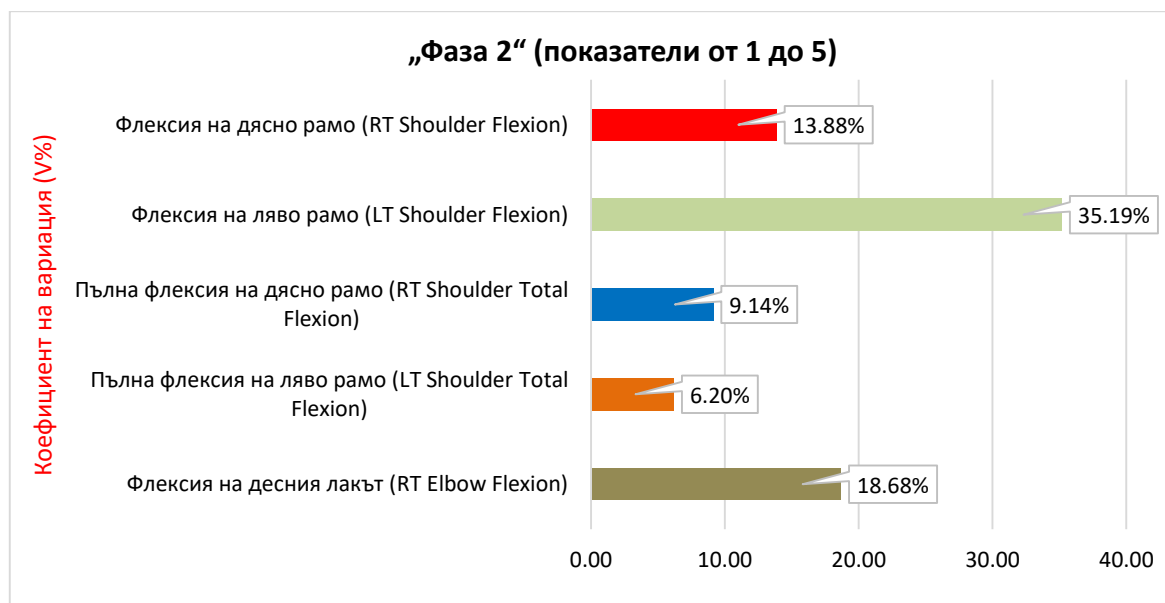
### ➤ Анализ на раменно-лакътния комплекс (показатели 1–5)

Във „Фаза 2“ се наблюдава усилие, насочено към доизтеглянето на лъка и уеднаквяване на позициите на приклада, което е ключово за стабилизиране на системата „стрелец-лък“ преди изстрела. Средните стойности на показателите на раменно-лакътния комплекс са представени на **Фигура 30**.



**Фигура 30.** Средни стойности на показателите на „раменно-лакътния комплекс“ във „Фаза 2“ (°)

Измерванията показват, че „флексията на десния лакът“ (RT Elbow Flexion) достига средна стойност ( $\bar{X}$ ) от 95.65 градуса със стандартно отклонение  $S \pm 17.87$  градуса. Коефициентът на вариация  $V = 18.68\%$  (**Фигура 31**) и показва относителна стабилност и хомогенност сред изследваната съвкупност, сходно с наблюденията във „Фаза 1“.



**Фигура 31.** Вариативност на изследваните показатели от „раменно-лакътния комплекс“ при „Фаза 2“

Въпреки, че  $V$  остава над 12%, средната стойност ( $\bar{X}$ ) на флексията леко се увеличава спрямо „Фаза 1“ (от 91.17 до 95.65 градуса), което показва по-голямо сгъване в лакътя и прибиране на ръката към опорната точка, движение, което е съществено при достигането на максималното опъване на лъка. Тези данни сочат за прогресиращо нарастване на мускулния контрол и стабилност в ранните фази на стрелбата, което е важно за постигане на техническа повтораемост и точност.

Измерванията показват, че „пълната флексия на лявото рамото“ (LT Shoulder Total Flexion) се повишава средно ( $\bar{X}$ ) до 76.87 градуса.  $V=6.20\%$ , спрямо „Фаза 1“ намалява и е в границите, които определят елемента, като извадката е изключително хомогенна и еднородна. Размахът спрямо MIN и MAX стойности е изключително малък 23.7 градуса, което отново потвърждава хомогенността на показателите в цялата група.

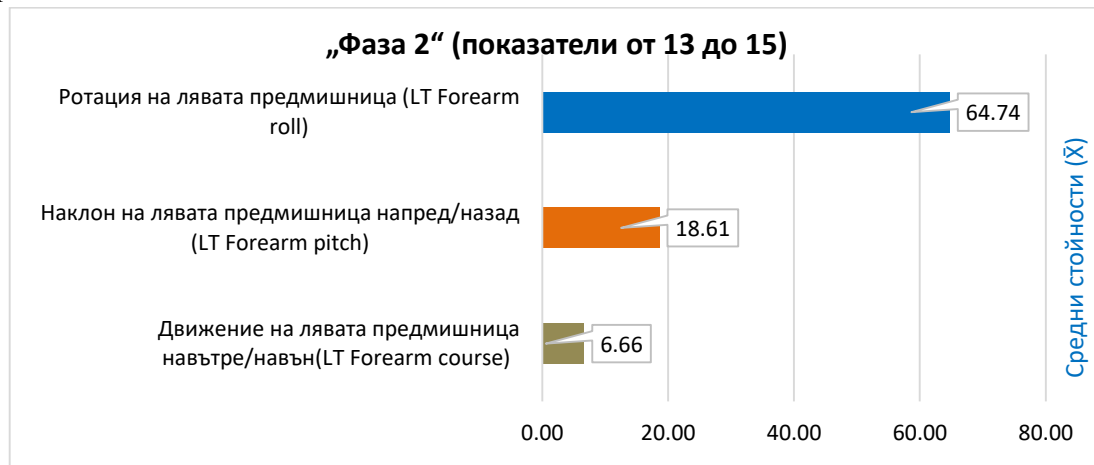
Стойностите за „пълната флексия на дясното рамо“ (RT Shoulder Total Flexion) показват запазване на сходно средно ниво ( $\bar{X}$ ) от 120.13 градуса със стойност на коефициент на вариация  $V=9.14\%$ . Ниските стойности на  $V\%$  показват отново много високо ниво на хомогенност на показателите в цялата група.

При сравняване на всичките показатели при „пълна флексия на дясно рамото“ (RT Shoulder Total Flexion) се наблюдават много близки стойности при „Фаза 1“ и „Фаза 2“, което потвърждава и теорията за много малките промени, които настъпват по време на изтеглянето на кликера.

Интересни са данните от изследването на „флексията на ляво рамо“ (LT Shoulder Flexion) и „флексията на дясно рамо“ (RT Shoulder Flexion).  $\bar{X}$  при „лявата флексия“ е 56.49 градуса,  $R=95.35$  градуса, а  $V=35.19\%$ , което означава, че преди освобождаването на тетивата, позицията на рамото на опорната ръка е много различна и индивидуална. Обратно, „флексията на дясното рамо“ (дърпащата ръка) има  $\bar{X}=137.66$  градуса и  $V=13.88\%$ , което показва значително по-висока повтораемост и хомогенност спрямо „флексията на ляво рамо“. Това подсказва, че именно дърпащата ръка служи като основен „референтен маркер“ за стабилността преди изстрел, докато ръката, която държи лъка, допуска по-широк компенсаторен диапазон.

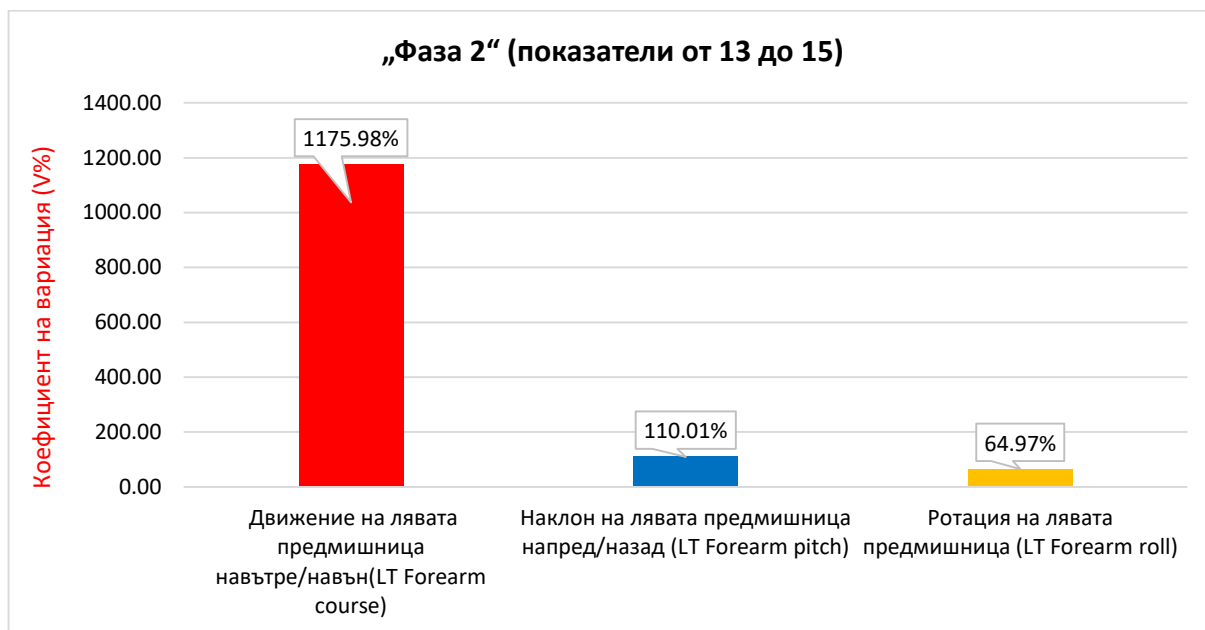
### ➤ **Предмишница на опорната ръка (показатели 13–15)**

Предмишницата продължава да е силно вариативна, но се забелязва промяна. Средните стойности ( $\bar{X}$ ) за показателите на „предмишницата на опорната ръка“ са представени на **Фигура 36**.



**Фигура 36.** Средни стойности на предмишница на опорната ръка при „Фаза 2“ (°)

Данните от изследването сочат, че „движението на лявата предмишница навътре/навън“ (LT Forearm course) намалява, като средната стойност ( $\bar{X}$ ) от 13.02 градуса във „Фаза 1“ до 6.66 градуса във „Фаза 2“, което показва, че предмишницата се подравнява по-прибрано към оста на лъка. Въпреки това, V% остава висок (>100%), което означава, че не всички стрелци контролират еднакво натиска на китката върху ръкохватката и разгънатото положение на лявата предмишница е различно (Фигура 37).



**Фигура 37.** Вариативност на положението на предмишницата във „Фаза 2“

Аналогично, „наклонът на лявата предмишница напред/назад“ (LT Forearm pitch) има средна стойност ( $\bar{X}$ ) от 18.61 градуса и V=110.01%. При анализ на стандартното отклонение (S) и диапазона (R) се наблюдава, че стойностите на трите показателя във „Фаза 2“ намаляват. Въпреки намаляването при всички показатели, V% остава висок, което показва, че измерванията са нехомогенни и нестабилни.

Средните стойности ( $\bar{X}$ ) при „ротацията на предмишницата“ на лявата ръка (LT Forearm roll) са 64.74 градуса, като коефициентът на вариация V=64.97%. В сравнение с „Фаза 1“, стойностите на тези показатели остават почти непроменени. Въпреки сравнително високите резултати при V%, сравняването на близките показатели в двете фази потвърждава минимални промени в завъртането на лявата предмишница по време на доизтеглянето на кликера.

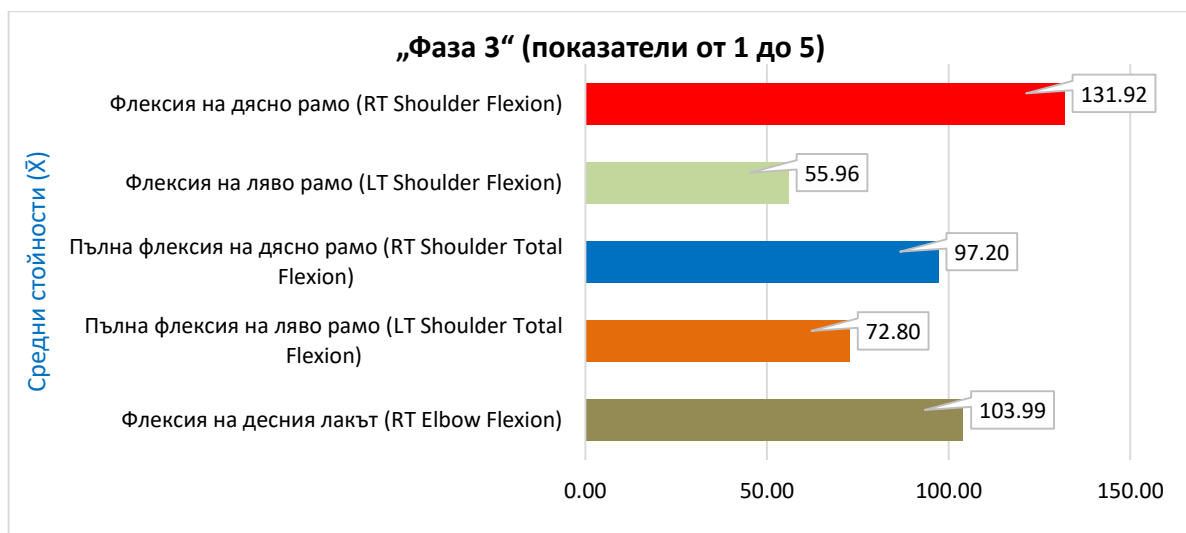
### 3.2.3 Анализ на „Фаза 3“ (изстрел)

Последният етап от изпълнението на изстрела представлява критичен момент за постигане на точност. „Фаза 3“ обхваща самото пускане на тетивата до момента, в който стрелата напуска лъка. Биомеханично това представлява критичния момент за трансфер на енергия.

В тази фаза всяка нестабилност, натрупана в предходните етапи на изстрела, се проявява като отклонение в траекторията на стрелата. Поради това високата повторяемост и ниският коефициент на вариация (V%) трябва да бъдат най-ясно изразени именно в тази фаза при добре тренирани стрелци.

### ☛ **Раменно-лакътен комплекс (показатели 1–5)**

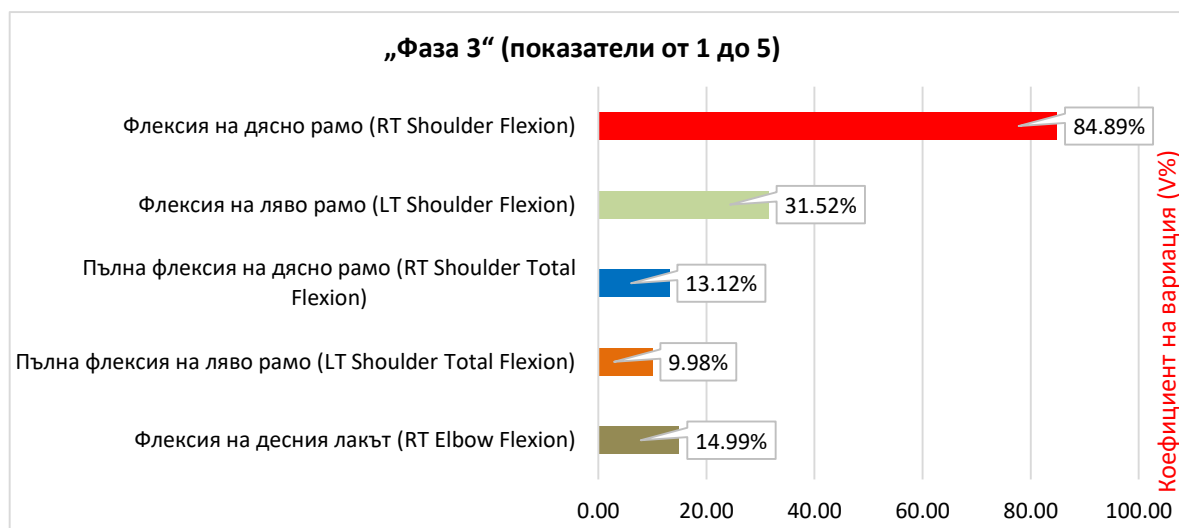
На **Фигура 42** са представени средните стойности при показателите на раменно-лакътния комплекс. Данните от изследването показват, че „флексията на десния лакът“ (RT Elbow Flexion) във „Фаза 3“ се увеличава до средна стойност ( $\bar{X}$ ) от 103.99 градуса, със стандартно отклонение  $S \pm 15.59$  и коефициент на вариация  $V = 14.99\%$ .



**Фигура 42.** Средни стойности на показателите от „раменно-лакътния комплекс“ във Фаза 3“ (°)

Това показва леко придвижване на дърпащата ръка назад след освобождаване – типично движение в момента на изстрела (follow-through) при класическия изстрел.

Факт е, че коефициентът на вариация намалява от 18.68% във „Фаза 2“ до 14.99% във „Фаза 3“, което показва, че движението след освобождаването на тетивата е сравнително повторяемо с добра хомогенност и ниска вариативност (**Фигура 43**).



**Фигура 43.** Вариативност на изследваните показатели от „раменно-лакътния комплекс“ при „Фаза 3“

Увеличаването на средната стойност ( $\bar{X}$ ), намаляването на коефициента на вариация (V%) и повишаването на повторяемостта са предпоставка за правилна посока и при пускането

на стрелата. Това показва, че изпълнението на движението е стабилно и контролирано, което е ключово за ефективност и точност при изстрела.

При „пълна флексия на лявото рамо“ (LT Shoulder Total Flexion) средната стойност ( $\bar{X}$ ) е 72.40 градуса,  $V=9.98\%$ , а при „дясното рамо“ (RT Shoulder Total Flexion) средната стойност ( $\bar{X}$ ) е 97.20 градуса с  $V=13.12\%$ . Данните от изследването сочат, че след изстрела средните стойности в трите фази при показателя „пълна флексия на лявото рамо“ остават много близки, като  $V\%$  е под 12%. Това свидетелства за силно хомогенна и слабо променлива извадка.

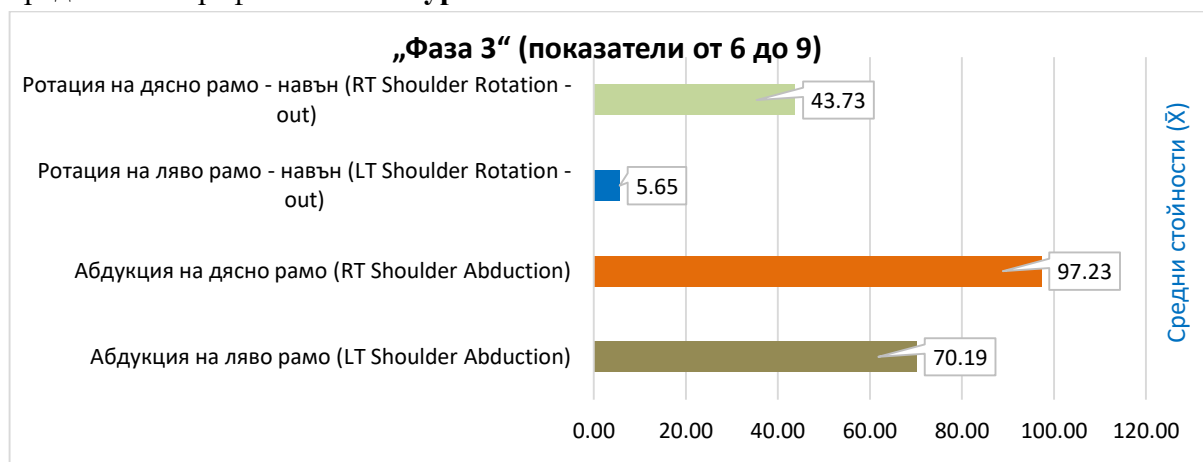
Средните стойности при „пълната флексия на дясното рамо“ намаляват рязко в момента на изстрела, а коефициентът на вариация леко се увеличава, но остава в границите на добра хомогенност и ниска вариативност. Позициите на раменете остават в голяма степен близки до тези от „Фаза 2“, без значителни промени в стойката. Това е добър индикатор, че стрелците не „разглобяват“ позицията си веднага след пускането.

Резултатите от изследването сочат, че средните стойности ( $\bar{X}$ ) на „флексия при лявото рамо“ (LT Shoulder Flexion) намаляват до 55.96 градуса, но разликата спрямо стойностите при „Фаза 2“ е минимална. Диапазонът (R) е 78.96 градуса, а коефициентът на вариация (V) достига 31.52%. Това е индикатор за активно участие на ръката, която държи лъка, след освобождаване. При някои стрелци тази ръка остава стабилно активна напред, а при други настъпва промяна в позицията, като рамото извършва движение нагоре и назад. Високият коефициент на вариация (над 30%) сочи слаба хомогенност и повишена вариативност, което означава, че позиционирането на ръката, държаща лъка, е различно при отделните стрелци. Контролът на този елемент е важен от гледна точка на треньорската работа.

Данните от изследването на „флексията на дясно рамо“ (RT Shoulder Flexion) показват, че средната стойност ( $\bar{X}$ ) е 131.92 градуса, което представлява малки разлики спрямо „Фаза 1“ и „Фаза 2“. Впечатление прави, че диапазонът (R) се увеличава пет пъти в сравнение с „Фаза 1“ и „Фаза 2“, а  $V\%$  също се променя значително от 13.51% и 13.88% („Фаза 1 и „Фаза 2“), до 84.89% във „Фаза 3“. Резултатите от изследването ни показват, че показателите са нестабилни, а изследваната съвкупност е нехомогенна.

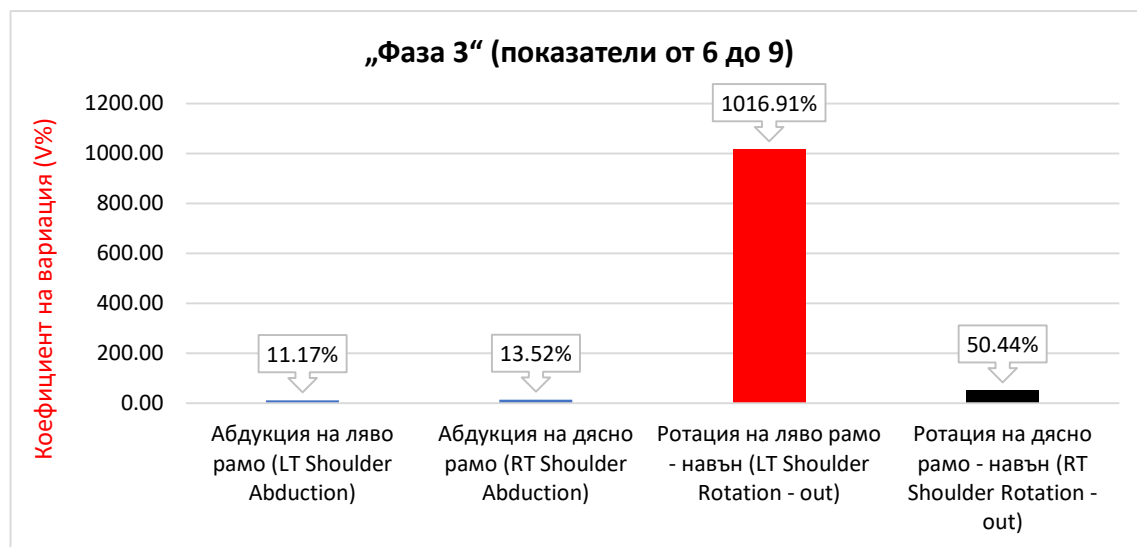
#### ➤ **Абдукция и външна ротация в раменете (показатели 6–9)**

Сравнителен анализ на средните стойности при абдукция и външна ротация в раменете са представени графично на **Фигура 44**.



**Фигура 44.** Средни стойности на „абдукцията и външната ротация в раменните стави“ при „Фаза 3“ (°)

Резултатите при „абдукция на ляво рамо“ (LT Shoulder Abduction) показват средна стойност ( $\bar{X}$ ) от 70.19 градуса, с коефициент на вариация  $V=11.17\%$ , докато при „дясното рамо“ (RT Shoulder Abduction)  $X=97.23$  градуса, с  $V=13.52\%$ . И при двата показателя се наблюдава намаляване на средните стойности и повишаване на коефициента на вариация спрямо „Фаза 1“ и „Фаза 2“ (Фигура 45), но въпреки това стойностите на  $V\%$  остават в границите на добра хомогенност и ниска вариативност.



**Фигура 45.** Вариативност на изследваните показатели „абдукция и външна ротация в раменните стави“ във „Фаза 3“

По данни от изследването на „ротация на лявото рамо навън“ (LT Shoulder Rotation - out) се установи, че средната стойност ( $\bar{X}$ ) е много ниска – 5.56 градуса, а коефициентът на вариация ( $V\%$ ) остава изключително висок, над 1000%. Това показва, че след изстрела част от стрелците буквално „отпускат“ рамото и скапулата, докато други продължават да контролират посоката на рамото и скапулата.

Стойностите на стандартното отклонение в трите фази са сходни, което подсказва за относителна стабилност в разпределението на данните, въпреки отчетената голяма вариативност между отделните изстрели.

Резултатите при „ротацията на дясното рамо навън“ (RT Shoulder Rotation - out) показват средна стойност ( $\bar{X}$ ) от 43.73 градуса с  $V=50.44\%$ . Преминаването на минималните стойности в минус, а на максималните в плюс, отразява стиловите различия между отделните стрелци при изпълнението на изстрела. Това е и една от причините за стойността на коефициента на вариация, който показва слаба хомогенност и повишена вариативност.

### 3.2.4. Анализ на трите фази (Ф-1; Ф-2; Ф-3, показатели 1 до 21)

Анализът на трите фази от изстрела: „Фаза 1“ (приклад), „Фаза 2“ (изтегляне под кликер) и „Фаза 3“ (пускане на изстрела) позволява да се проследят промените при кинематичната структура на движението и стабилността на отделните части от системата „стрелец-лък“.

Анализът обхваща 21 показателя, разпределени в шест групи. Данните от изследването на „раменният пояс и лакътна става“ (1 до 5) показват основната статична и динамична стабилизация на позицията за стрелба.

При „флексия на десния лакът“ (RT Elbow Flexion) средната стойност ( $\bar{X}$ ) на ъгъла постепенно се увеличава от 91.17 градуса във „Фаза 1“ до 95.65 градуса във „Фаза 2“ и достига 103.99 градуса във „Фаза 3“, което отразява нарастване на опъна и промяна на конфигурацията на дърпащата ръка. Коефициентът на вариация (V%) остава в границите на умерена вариативност (15.73%, 18.68%, 14.99%), като най-ниската вариативност се отчита във „Фаза 3“. Това показва, че при пускането на изстрела моделът на флексия в лакътя е добре автоматизиран и се възпроизвежда сравнително стабилно.

Два показателя се отличават с най-висока стабилност между всички параметри на раменния пояс.

При „пълна флексия на ляво рамо“ (LT Shoulder Total Flexion) средните стойности ( $\bar{X}$ ) са около 74.91 градуса, 76.87 градуса и 72.80 градуса за Ф-1, Ф-2 и Ф-3, а V% се задържа в границите 6.63 – 9.98%, което е характерно за добре овладяна техника.

Данните от изследването показват, че при „пълна флексия на дясно рамо“ (RT Shoulder Total Flexion) средните стойности ( $\bar{X}$ ) са 119.33 градуса, 120.13 градуса и 97.20 градуса, с V% съответно 9.46%, 9.14%, 13.12%. И при двата показателя се наблюдава относително ниска вариативност, особено във „Фаза 2“, което отразява стабилен и повторяем приклад и позиция на раменете при доизтегляне под кликера.

По-голяма индивидуална вариативност се наблюдава при „флексия на ляво рамо“ (LT Shoulder Flexion) и „флексия на дясно рамо“ (RT Shoulder Flexion). При „лявото рамо“ (LT Shoulder Flexion) коефициента на вариация (V%) остава висок и в трите фази (около 31–35%), което означава, че позицията на лявото рамо се различава осезаемо между отделните състезателите и различните изстрели.

Интерес представляват данните от изследването на „флексията на дясно рамо“ (RT Shoulder Flexion). Във „Фаза 1“ и „Фаза 2“ коефициента на вариация (V%) е умерен (около 13–14%), но във „Фаза 3“ се отчита рязко увеличение на вариативността (V над 80%). Това показва, че при изстрела стрелците променят значително конфигурацията и позицията на рамото, поради различната дължина и посока на пускането. От данните е видно, че раменният пояс като цяло се стабилизира най-добре във „Фаза 2“, когато се осъществява доизтеглянето под кликера. Най-постоянни са показателите за „пълна флексия на раменете“, докато частичните флексии и по-динамичните движения на рамото при изстрела са доста по-вариативни.

Показателите на „абдукция на ляво и дясно рамо“ (LT/RT Shoulder Abduction) демонстрират сравнително ниска вариативност във всички фази, особено при лявото рамо. Коефициента на вариация (V%) се движи в диапазона 6–12%, което показва стабилно разположение на раменния пояс по вертикала. Средните стойности ( $\bar{X}$ ) между фазите са близки, с леко повишаване във „Фаза 2“, в която се осъществява максималното стабилизиране.

Изключително висок коефициент на вариация (V%) във всички фази се наблюдава при „ротация на ляво рамо – навън“ (LT Shoulder Rotation – out), особено във „Фаза 3“, където V% надхвърля 1000%. Това показва огромни индивидуални разлики в начина, по който състезателите позиционират лопатката и раменната става при изстрела. Въпреки това средните



стойности ( $\bar{X}$ ) остават в един и същи диапазон, което означава, че има обща ориентировъчна конфигурация и конструкция, но с много различни варианти на изпълнение.

Висока вариативност също се отчита и при „ротация на дясно рамо – навън“ (RT Shoulder Rotation – out), особено при прехода от „Фаза 2“ към „Фаза 3“, когато средната стойност ( $\bar{X}$ ) променя знака си (от отрицателни към положителни стойности), а V% остава висок. Това показва, че при част от състезателите рамото преминава в компенсаторна ротация при изстрела, а при други промяната по време на изстрела остава в много малки граници.

От резултатите е видно, че абдукционните движения са стабилни и добре овладени, докато ротационните остават силно индивидуализирани и нестабилни, особено при лявото рамо и в третата фаза.

Сравнително висока вариативност се наблюдава във всички фази и при трите показателя: „наклон на главата наляво/надясно“ (Head course), „наклон на главата напред/назад“ (Head pitch) и „ротация на главата“ (Head roll). Средната стойност ( $\bar{X}$ ) при „наклон на главата наляво/надясно“ (Head course) остава отрицателна във всички фази, което отразява постоянна посока на наклон, а V% е с абсолютни стойности между 20% и над 80%, особено във „Фаза 2“ и 3.

При „наклон на главата напред/назад“ (Head pitch) и „ротация на главата“ (Head roll), V% е в много високи граници (често над 90 и над 120%), което показва, че контролът върху фините движения на главата е ограничен и силно индивидуален. Върху тях влияят както антропометрични показатели, така и силата на ръка и положението на ръка в конкретната фаза.

В обобщение може да кажем, че главата не се явява стабилизиращ фактор в нито една от фазите. По-скоро тя следва общата линия на прицелване, но с големи индивидуални разлики и без строго фиксирана кинематична схема.

Едни от най-вариативните показатели в цялото изследване са „движение на лявата предмишница навътре/навън“ (LT Forearm course) и „наклон на лявата предмишница напред/назад“ (LT Forearm pitch). Коефициентите на вариация V% в отделните фази достигат стойности от над 150% до над 400%, а при „движение на лявата предмишница навътре/навън“ (LT Forearm course) във „Фаза 2“ и „Фаза 3“ вариативността е изключително висока (над 800 - 1000%). Данните показват, че позицията и движението на предмишницата, която държи ръка, са силно нестабилни и с големи индивидуални различия.

Относително по-стабилна в сравнение предишните два показателя от същата група е „ротация на лявата предмишница (LT Forearm roll)“ е, но въпреки това V% остава висок – около 65–70% във всички фази. Това ни показва, че „ротацията на предмишницата“ при захвата и поддържането на ръка също не е строго стандартизирана.

Анализът на резултатите ни дава основание да считаме, че „предмишницата на лявата ръка“ представлява един от най-слабите координационно-стабилни звена. Огромната вариативност показва различни стилове на хват, натиск и контрол в ръкохватката на ръка, което може да е причина за разсейване на попаденията.

Пространствената ориентация на ръка включва „наклон на ръка напред/назад“ (Bow course), „наклон на ръка наляво/надясно“ (Bow pitch) и „ротация на ръка около вертикалната ос“ (Bow roll), като и трите показателя се характеризират с много висока вариативност през всички фази.

Данните от изследването показват, че коефициента на вариация V% при „наклон на ръка напред/назад“ (Bow course) е със средни стойности около 290–320%, „наклон на ръка

наляво/надясно“ (Bow pitch) около 165–220% и „ротация на лъка около вертикалната ос“ (Bow roll) около 260–330%. Това показва, че лъкът като част от системата „стрелец-лък“ извършва сложни пространствени движения, които са силно зависими от работата на предмишницата, китката и изстрела. Въпреки че средните стойности са с близки диапазони между трите фази, разсейването за всички показатели е голямо, което подчертава динамичния и трудно контролируем характер на ориентацията на лъка в трите равнини.

Резултатите от ориентацията на лъкът спрямо трите равнини сочат, че средните стойности ( $\bar{X}$ ) при „ляв ъгъл“ X (LT Angle X) се увеличават от 43.38 градуса (Ф-1), до 46.93 градуса (Ф-2) и 54.19 градуса (Ф-3), а V% намалява от 36.88%, през 31.85% до 23.50%, т.е. получава се стабилизиране и автоматизация на страничната ориентация на лъка при изстрела.

При „ляв ъгъл Y“ (LT Angle Y) средните стойности ( $\bar{X}$ ) са 72.85 градуса, 76.00 градуса и 72.25 градуса за „Фаза 1“, 2 и 3, като най-ниска вариативност се отчита във „Фаза 2“ (V = 10.91%), като резултатите потвърждават, че вертикалното подравняване на лъка е най-стабилно в момента на изтегляне под кликер.

Средните стойности ( $\bar{X}$ ) при „ъгъл Z“ (Angle Z) са отрицателни и близки във всички фази (около минус 23 градуса), а коефициентът на вариация V% остава висок от 55.20%, 57.92% и 61.32% (Ф-1, Ф-2 и Ф-3). Тези данни сочат, че ротацията около вертикалната ос е най-нестабилният показател, с най-голяма вариативност и ниска повторемост при изстрела.

**Сравнението на трите фази по всички кинематични показатели показва ясно изразена функционална диференциация на отделните етапи от изстрела:**

1. „Фаза 1“ (приклад) се характеризира с най-висока обща вариативност. Структурата на движението все още не е напълно стабилизирана, особено по отношение на предмишницата, ротацията на раменете позицията на главата и ориентацията на лъка. Тази фаза може да се определи като подготвителна и изграждаща конструкцията, в която системата „стрелец-лък“ се подрежда, но не е достигнала оптимална стабилност.

2. „Фаза 2“ (изтегляне под кликер) демонстрира най-висока стабилност и повторемост за ключовите структурни показатели: „пълна флексия на раменете“, „абдукция на раменете“ и „ляв ъгъл Y“ (LT Angle Y). Тук се наблюдават най-ниските стойности на V% за вертикалното подравняване на лъка, което доказва, че това е фазата на максимална техническа прецизност и най-тясна връзка със спортната резултативност.

3. „Фаза 3“ (изстрел) съчетава едновременно висока автоматизация и висока динамика. От една страна, показателите: „флексия на десния лакът“ (RT Elbow Flexion); „пълна флексия на ляво рамо“ (LT Shoulder Total Flexion); „пълна флексия на дясно рамо“ (RT Shoulder Total Flexion); „ляв ъгъл X“ (LT Angle X) и „ляв ъгъл Y“ (LT Angle Y) показват минимална вариативност и висока повторемост, което е показател за добре автоматизирано движение. От друга страна, показателите на предмишницата, ориентацията на лъка и ъгъл Z разкриват голяма динамична и индивидуална вариативност, свързана със специфичния стил на изстрела при отделните състезатели. Взаимовръзката между групите показатели показва, че основната факторна стабилност се осигурява от раменния пояс и вертикалното подравняване на лъка, докато предмишницата, ротационните компоненти и пространствената ориентация на лъка имат по-скоро характер на индивидуални и динамични корекционни механизми.

**В обобщение, считаме, че техническата подготвеност в стрелба с лък се базира на:**

- ⇒ стабилна и хомогенна структура на раменния пояс и вертикалната ос във „Фаза 2“;
- ⇒ автоматизиран и повтарящ се модел на фронтално движение във „Фаза 3“;
- ⇒ контролиране и ограничаване на излишната вариативност в предмишницата, ориентацията на лъка и ротационните компоненти.

Данните от тези резултати могат да послужат като основа за оптимизационни модели на техниката, както и за планиране на тренировъчни средства, насочени към стабилизиране на най-вариативните части и фази от изстрела.

### **3.2.5. Анализ на връзката между трите фази на изстрела и спортния точков резултат от шестте изстрела**

Изследването на кинематичната структура на трите фази (Ф-1, Ф-2, Ф-3) на изстрела придобива своята научна и практическа стойност, когато се свърже с реалния спортен резултат.

В настоящото изследване са използвани резултатите от шест последователни изстрела, като е отчетена средна точкова стойност (от 6 до 10 т.) или попадения извън мишената (0 т.).

Тези показатели се използват като обективни критерии за оценка на ефективността на техниката и влиянието на кинематичните характеристики върху резултата от изследването. Резултатите от средните стойности на точките за всеки изстрел са представени в **Таблица 6**.

**Таблица 6.** *Среден точков резултат за 6 изстрела*

<i>Поредност на изстрелите</i>	<i>Общ среден резултат на точките</i>	<i>Общ брой попадения извън мишената (0 точки)</i>
1-ви изстрел	8,3	0
2-ри изстрел	7,5	1
3-ти изстрел	8,5	1
4-ти изстрел	8,0	2
5-ти изстрел	7,7	2
6-ти изстрел	7,6	2

От данните в таблицата е видно, че най-високия резултат е отчетен при 3-тия изстрел (8.5 т.), а най-ниските са при изстрели 2-рия, 5-ия и 6-ия. Броят на попаденията извън точковия сектор се увеличава, като единствено при първите изстрели няма попадения извън мишената. Видимо се наблюдава постепенно разсейване след 3-тия, което може да бъде свързано с голямата динамика по време на изстрела, нарастваща умора, която води до промяна във фината координация, увеличаване на вариативността в ориентацията на лъка и недостатъчна, и ненавременна корекция на мерника.

„Фаза 1“ оказва косвено влияние върху спортния резултат. Въпреки това нестабилната конфигурация в този етап създава предпоставки за допускане на грешки във „Фаза 2“, където прецизността е от съществено значение.

Най-високите резултати от 1-ви (8.3) и 3-ти (8.50) изстрел са постигнати именно при най-добра повторяемост на конфигурациите във „Фаза 2“, която оказва най-голямо влияние върху точността. Високата повторяемост на ключовите показатели е пряко свързана с добрите точкови попадения. Изстрелите с по-нисък резултат (особено 2-ри, 5-и и 6-и) могат да бъдат свързани с понижаване на вертикалната стабилност, увеличение на вариативността в раменния пояс, промени в стабилизацията на предмишницата и наличието на промяна, на фиксираната позиция по време на работата под кликер.

При анализа прави впечатление, че „Фаза 3“ се отличава с най-голяма динамика и най-голяма вариативност в ротационните показатели, движенията на предмишницата и позицията на лъка спрямо равнините X, Y, Z. Всички показатели с висок коефициент на вариация (V%) във „Фаза 3“ са потенциални източници на грешки при изстрела.

Силно влияние оказва ротацията около вертикалната ос, която води до разсейване на попаденията в хоризонтална посока. Нестабилният показател за ротация на лъка може да предизвика както малки странични отклонения, така и попадения извън точковия сектор. Допълнително, нестабилността в захвата оказва влияние върху точността на изстрелите в края на серията. При 4-ия, 5-ия и 6-ия изстрел са отчетени две попадения извън мишената. Това вероятно се дължи на повишена вариативност във „Фаза 3“, настъпваща умора в опорната ръка, различна посока при пускането и липса на адекватна корекция от страна на стрелеца.

#### **В заключение може да изведем следният извод:**

Техническата подготвеност за постигане на високи спортни резултати най-вече зависи от стабилността във „Фаза 2“ и управлението и контрола върху динамичната вариативност във „Фаза 3“. За постигане на висок спортен резултат е необходим добре подготвен и стабилен раменен пояс, минимизиране на вариативността във вертикалната ос при прицелване, контрол на ротационните движения при изстрела, както и оптимално съчетаване между стабилност, автоматизиране и индивидуални технически характеристики.

В тази връзка е разработеният примерен комплекс от упражнения за повишаване на техническата подготвеност и спортната резултативност при състезатели по стрелба с лък в **Приложение №5**.

### **3.3. Нормативна база за оценка на обема на движение в ставите при състезатели по стрелба с лък. Оптимизационен модел.**

Както е известно, управлението на двигателния апарат при стрелбата се характеризира с някои съществени индивидуални особености. И още – усъвършенстването на спортно-техническото майсторство зависи от адекватната преценка за пространствената структура на цялостното двигателно действие. Ефективността на стрелбата в много висока степен зависи от точната оценка за позата на състезателя и ориентацията на лъка.

Осъществяването на постоянен контрол върху параметрите, определящи правилната изходна позиция както на стрелеца, така и на лъка, позволява стабилизиране на двигателните навици и постигане на високи спортни резултати.

Важен елемент от контрола е оценяването на обема на движение в ставите на състезателите, както и позиционирането на лъка в момента на излитането на стрелата. Проведеното от нас експериментално изследване позволи да бъдат установени средните нива

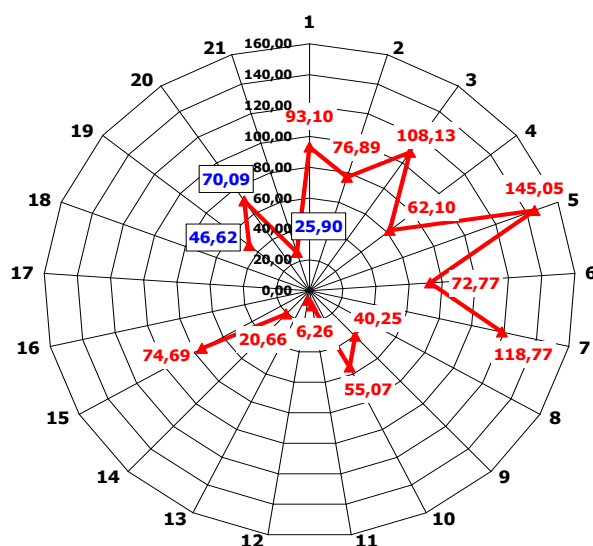
на показателите, определящи тези характеристики, и на тази база да бъдат разработени нормативни таблици за оценка.

Като основен метод за оценка, е приложен т.нар. сигмален метод, а измерените стойности са трансформирани в сигмални оценки Т.

Нормативната база е разработена в 50-бална точкова система, която позволява отчитане и оценяване и на по-малки разлики в нивото на дадените показатели (**Таблица 7**).

Поради голямо отклонение от нормалното разпределение, не сме представили нормативи по показатели 8 и 13, съответно „RT абдукция в рамото“ и „движение на предмишница навътре/навън“. Надяваме се, те да бъдат разработени след като бъдат направени допълнителни изследвания.

За нуждите на оптимизацията, на **Фигура 54** е представен средностатистически модел на позата на състезателите и ориентацията на лъка, който може успешно да бъде приложен в процеса на усъвършенстване на състезателите.



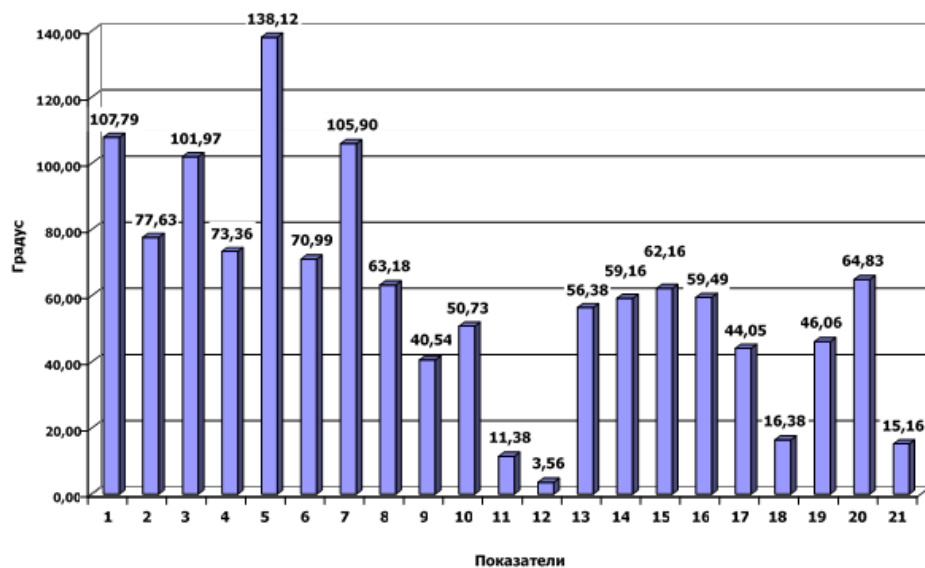
**Фигура 54.** Оптимизационен модел на основните характеристики на позата и ориентацията на лъка

Като пример, по-долу представяме резултатите на един от участниците в изследването – С. Д.

Както става ясно от Методиката на изследването, всеки от включените в него състезатели е изпълнил по 6 изстрела с лък, което означава по 6 единици на наблюдение за всеки спортист.

Анализът на представения на **Фигура 55** индивидуален модел на С. Д. показва, че изходното положение на този състезател се характеризира с най-големи ъгли на позициониране съответно на:

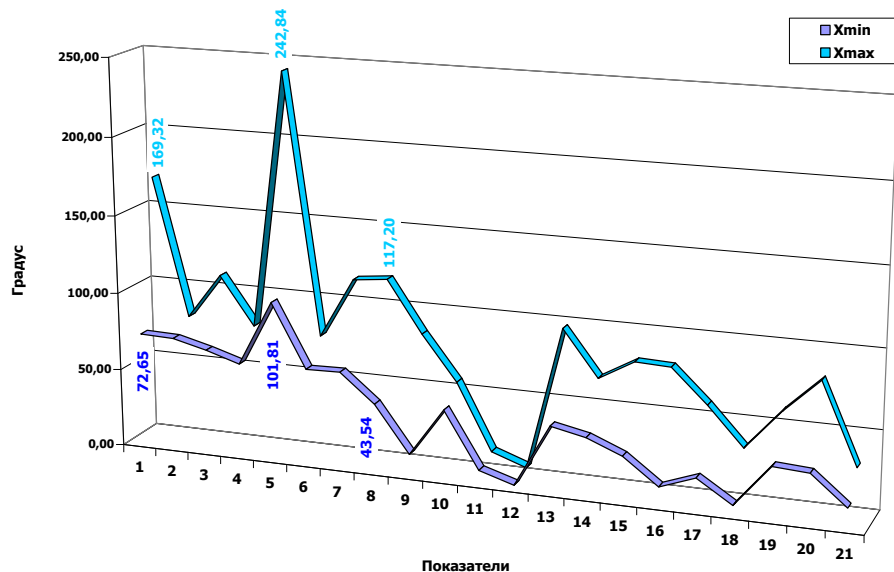
- ↗ рамото на придържащата ръка при флексия – показател 5 (138.12°);
- ↗ лакътната става на придържащата ръка при флексия – показател 1 (107.79°);
- ↗ рамото на придържащата ръка при абдукция - показател 7 (105.90°);



**Фигура 55.** Оптимизационен модел на основните характеристики на позата и ориентацията на лъка – С. Д.

- ↪ общата флексия в рамото на придържащата ръка - показател 3 (101.97°).  
 Най-малко отклонение се наблюдава по отношение на:
- ↪ ротацията на главата - показател 12 (3.56°);
  - ↪ наклона на главата в предно-задна посока - показател 11 (11.38°);
  - ↪ ъгъл Z - показател 21 (15.16°) и
  - ↪ ротацията на вертикалната ос на лъка - показател 18 (16.38°).

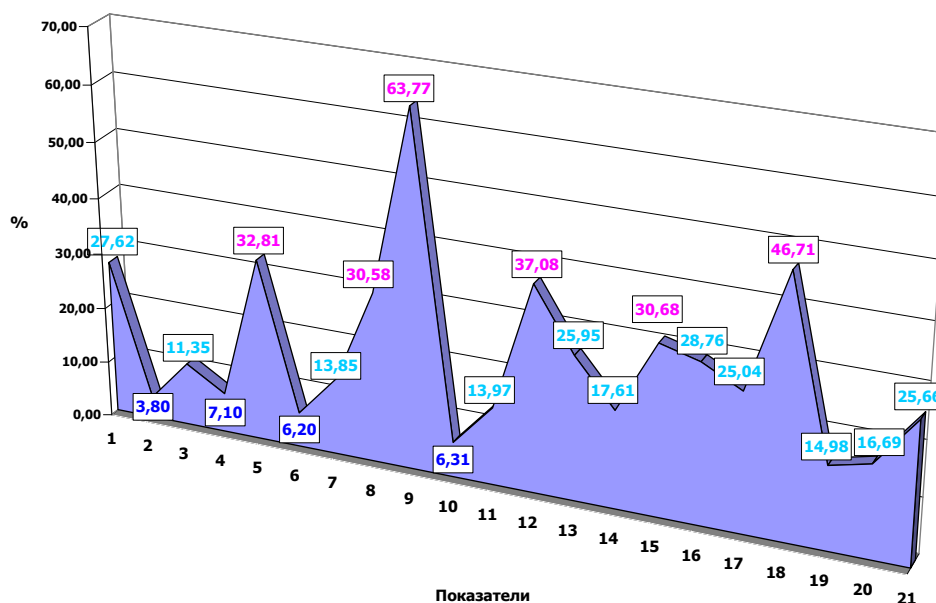
При анализа прави впечатление, че при част от показателите демонстрираните най-ниски (min) и най-високи (max) стойности са относително близки (**Фигура 56**).



**Фигура 56.** Гранични стойности на основните характеристики на позата и ориентацията на лъка – С. Д.

Има обаче и такива случаи, при които различията при отделните опити за стрелба са доста големи. Например, при едно от изследванията ъгълът на флексията в рамото на опорната ръка при С.Д. (показател 5) е бил  $242.84^\circ$ , а при друго – само  $101.81^\circ$ , което означава разлика от  $141.03^\circ$ . Освен това, разликата между размера на ъглите при различните му опити е  $96.67^\circ$  при флексията в лакътната става на опорната ръка (показател 1) и  $73.66^\circ$  при абдукцията в рамото на теглещата ръка (показател 8).

Всичко това, съвсем естествено, се отразява на стабилността на наблюдаваните показатели, доказателство за което са стойностите на коефициентите на вариация  $V$  (Фигура 57).



**Фигура 57.** Оценка на стабилността на основните характеристики на позата и ориентацията на лъка – С. Д.

Както се вижда от фигурата, този състезател е показал стабилност по отношение на:

- 🏹 флексията в лакътната става на опорната ръка (показател 2 –  $V_2 = 3.80\%$ );
- 🏹 флексията в рамото на теглещата ръка (показател 6 –  $V_6 = 6.20\%$ );
- 🏹 ротацията в рамото (out) на теглещата ръка (показател 10 –  $V_{10} = 6.31\%$ ) и
- 🏹 общата флексия в рамото на теглещата ръка (показател 4 –  $V_4 = 7.10\%$ ).

При по-голямата част от останалите показатели се наблюдава относителна стабилност – коефициентът на вариация  $V$  е в границите между 10 и 30%.

Анализът на **Фигура 57** показва обаче, че при 6 от показателите  $V$  заема стойности, които са по-високи от 30%. Това означава, че С.Д. има колебания при поддържане на изходната поза по отношение на:

- 🏹 ротацията (out) в рамото на опорната ръка (показател 9 –  $V_9 = 63.77\%$ );
- 🏹 ротацията на вертикалната ос на лъка (показател 18 –  $V_{18} = 46.71\%$ );
- 🏹 ротацията на главата (показател 12 –  $V_{12} = 37.08\%$ );
- 🏹 флексията в рамото на опорната ръка (показател 5 –  $V_5 = 32.81\%$ );
- 🏹 ротацията на предмишницата (показател 15 –  $V_{15} = 30.68\%$ ) и
- 🏹 абдукцията в рамото на теглещата ръка (показател 8 –  $V_8 = 30.58\%$ ).

Без съмнение, всичко това влияе на точността на попадението на стрелата в целта, затова средният брой попадения на този състезател е 6,00, а средният брой получени точки е 8.33.

Смятаме, че вложените в бъдеще усилия за стабилизиране на посочените по-горе ъгли при позиционирането за стрелба ще позволят на С. Д. да постигне едно ново, по-високо ниво на ефективност и, разбира се, по-високи спортни резултати.

По подобен начин могат да бъдат анализирани резултатите на всеки състезател по стрелба с лък и на тази база да бъдат определени посоките за оптимизиране на неговия бъдещ учебно-тренировъчен процес.

Настоящото изследване потвърждава, че ефективността и спортната резултативност в стрелбата с лък са в пряка зависимост от стабилността и повторемостта на пространствената структура на двигателното действие, както и от прецизното позициониране на тялото и ориентацията на лъка в различните фази на изстрела. Управлението на двигателния апарат при стрелбата се характеризира със съществени индивидуални особености, което налага използването на обективни методи за измерване, оценка и оптимизация на техниката.

Проведеното експериментално изследване позволява да бъдат установени средни стойности и диапазони на вариация на основните ъглови показатели, характеризиращи обема на движение в ставите и ориентацията на лъка. На тази основа е разработена нормативна база за оценка, изградена чрез прилагане на сигмалния метод и трансформиране на измерените стойности в сигмални оценки  $T$  в рамките на 50-бална система. Този подход създава възможност за обективно сравнение както между отделни състезатели, така и между различни показатели при един и същ индивид, като по този начин подпомага функционирането на подсистемата „Оптимизация“ в тренировъчния процес.

Изграденият средностатистически оптимизационен модел на позата и ориентацията на лъка представлява практичен инструмент за контрол и корекция на техниката. Анализът на индивидуалния модел на състезателя С. Д. показва, че дори при относително високи средни стойности на отделни ъгли могат да се наблюдават значителни разлики между минималните и максималните стойности, което води до повишени стойности на коефициента на вариация при част от показателите. Това е индикатор за нестабилност в поддържането на изходната поза, която оказва негативно влияние върху точността и постоянството на стрелбата.

Получените резултати ясно показват, че високите стойности на коефициента на вариация при показатели, свързани с ротацията в раменните стави, позицията на главата, ориентацията на лъка и движението на предмишницата, са пряко свързани с колебания в техниката и с по-ниска спортна резултативност. Това потвърждава необходимостта от насочена работа за стабилизиране на критичните ъглови параметри, особено в изходната позиция и във фазите, изискващи максимален контрол.

В този контекст разработените нормативни таблици имат съществено практическо значение, тъй като позволяват ранна диагностика на отклоненията, индивидуализиране на тренировъчния процес и целенасочена корекция на техническите недостатъци. Те предоставят надеждна основа за изграждане на персонализирани оптимизационни модели, съобразени с индивидуалните двигателни особености на състезателите.

Разработването на нормативна база и оптимизационни модели на техническата подготвеност при състезателите по стрелба с лък представлява ключов завършващ етап от настоящото дисертационно изследване. То осигурява преход от качествено-описателен анализ



на техниката към обективна, количествено измерима и методически приложима система за оценка и управление на тренировъчния процес.

**В заключение може да обобщим**, че обективният биомеханичен анализ на позата и ориентацията на лъка, съчетан с разработването на нормативна база за оценка на обема на движение в ставите, представлява ефективен инструмент за повишаване на техническата подготвеност и спортната резултативност в стрелбата с лък. Получените резултати и изведените модели създават предпоставки за по-ефективен контрол, оптимизация и дългосрочно усъвършенстване на стрелковата техника, както на индивидуално, така и на групово ниво.

## **ГЛАВА ЧЕТВЪРТА**

### **ИЗВОДИ, ПРЕПОРЪКИ И ПРИНОСИ**

---

Направените анализи и обобщения позволяват да бъдат формулирани следните изводи и препоръки:

#### **4.1. Изводи**

1. Техническата подготовка при стрелбата с лък е водещ фактор за спортната резултативност и е определяща за стабилността на изпълнението на движението във всички фази на изстрела.
2. Анализирането на средните нива и вариативността на изследваните показатели показва, че висококвалифицирани състезатели се отличават с по-ниска вариативност на движенията и по-добра координация между отделните части на тялото в сравнение с тази при състезателите с по-ниска квалификация.
3. Установено е, че най-големите отклонения в техническото изпълнение се наблюдават във фазите „създаване на напрежение“ и „пускане“, което ги определя като силно влияещи за постигане на висок спортен резултат.
4. Уточнено е, че ъгловите параметри в ставите на горните крайници и раменния пояс имат съществено влияние върху стабилността на системата „стрелец–лък“.
5. Използването на инерциални измервателни системи позволява обективна, количествена и фазово ориентирана оценка на техниката на стрелба за подобряване на контрола и оптимизацията на техническата подготовка при състезателите по стрелба с лък.
6. Спортната резултативност в стрелбата с лък е функция от взаимодействието на физическата подготвеност, техническата стабилност и психологическия контрол, като обединението и управлението на външните и вътрешните фактори има съществено значение за реализирането на техническия потенциал на стрелеца.
7. За първи път у нас е разработена нормативна база за контрол и оптимизиране на техническата подготовка при състезатели по стрелба с лък.

## 4.2. Препоръки

1. В тренировъчния процес на състезателите по стрелба с лък да се внедри редовна обективна оценка на техниката чрез съвременни измервателни системи. Разработената нормативна база да бъде предложена на БФ Стрелба с лък за използване в практиката.
2. Контролът на техническата подготвеност да се осъществява фазово, като се обръща специално внимание на фазите с най-голяма вариативност на движенията и да се прилага индивидуализиран подход при корекция на техниката, съобразен с анатомо-функционалните особености на състезателите.
3. В подготовката на подрастващи и млади състезатели да се акцентира върху изграждането на стабилна стойка и правилна двигателна координация. Примерният комплекс от упражнения да бъде предложен на треньорите за оптимизация на техническата подготвеност.
4. Да се използват разработените оптимизационни модели при планиране и оценка на ефективността на тренировъчните средства.

## 4.3. Приноси

1. За първи път в българската спортно-научна практика е разработена нормативна база за оценка на техническата подготвеност при състезатели по стрелба с лък, основана на обективни биомеханични показатели.
2. Създаден е фазово структуриран модел за анализ на техниката на изстрела, приложим както за научни изследвания, така и за тренировъчната практика. Разширени са научните знания за взаимовръзката между кинематичните параметри на движенията и стабилността на системата „стрелец–лък“ и е доказана връзката между стабилността и групирането на попаденията.
3. Разработен е оптимизационен модел на техническата подготвеност, отчитащ индивидуалните двигателни особености на състезателите, и е доказана ролята на вариативността на движенията като надежден показател за техническо майсторство и спортна резултатност.

## СПИСЪК

### на публикациите по темата на дисертационния труд

1. **Ivanov, I.** (2025). Study on the stability and positioning of the shoulders on the points and accuracy in archery. *Trakia Journal of Sciences*, 23 (Supl. 2), 192–197.  
<https://doi.org/10.15547/tjs.2025.s.02.032>
2. **Иванов, И.** (2025). Проучване върху факторите на техническата подготовка и спортната резултативност при състезатели по стрелба с лък. *Спорт и наука*, брой 3, 4/2025.

# NATIONAL SPORYTS AKADEMY „VASSIL LEVSKI“

---

DEPARTMENT OF TECHNICAL AND ICE SPORTS



**IVAN TOTEV IVANOV**

**FACTORS OF TECHNICAL PREPAREDNESS AND SPORTS  
PERFORMANCE IN ARCHERY**

## ABSTRACT

of a dissertation for awarding the educational and scientific degree "**Doctor**"  
in the professional field 7.6. Sports,  
PhD program "Theory and Methodology of Sports Science"

**Scientific supervisor:**

Prof. Ivan Kolev Ivanov, DSc

**Official Reviewers:**

Prof. Daniela Stanimirova Dasheva, DS

Prof. Rositsa Stefanova Tsarova, PhD

Sofia, 2026

---

The dissertation has been discussed and scheduled for public defence by the extended scientific collegium of Department of "Technical and Ice Sports" with the Faculty of Sports of the National Sports Academy "Vassil Levski" – Sofia on 11.03.2026.

The dissertation consists of 189 standard pages, including the used literature of 97 sources. It is illustrated with 57 figures, 41 photographs and 7 tables.

***Note:** The numeration of chapters, figures and tables in the abstract correspond to those used in the dissertation.*

### **Scientific jury for conducting a public defence procedure**

#### ***Internal members:***

1.Assoc. Prof. Tatyana Dimcheva Yordanova, PhD

2.Prof. Daniela Stanimirova Dasheva, DSc

Reserve internal member: Assoc. Prof. Ruslan Lyubomirov Hristov, PhD

#### ***External members:***

1. Prof. Rositsa Stefanova Tsarova, PhD

2. Prof. Dimitar Petrov Mihaylov, PhD

3. Prof. Tsvetko Evgeniev Tsvetkov, PhD

Reserve external member: Prof. Jordan Slavov Kalaykov, DSc

The public defence will take place on 17<sup>th</sup> of June, 2026 (Wednesday) at 14:00 h in Hall A-3 of the National Sports Academy “Vassil Levski”, Studentski Grad, Sofia. The materials for the dissertation defence are available in room 318 in the National Sports Academy „Vassil Levski“.

## INTRODUCTION

---

The development of archery as an Olympic sport is marked by a continuous increase in competition and a dynamic heightening of sports results in the international arena. This trend has made necessary to implement and improve innovative, science-based methods of technical training, which will guarantee optimal and reliable achievement of high sports results.

The dissertation on the topic "Factors of technical preparation and sports performance in archery" is aimed at studying and scientifically proving the influence that various factors of technical preparation have on increasing the sports results of competitors in this sport.

The practical significance of this work is expressed in the fact that the results of study on the factors influencing on sports success provide an opportunity for coaches and athletes to create a targeted and effective training process. That will contribute to improvement of the technical, tactical and psychological preparation of archers, which leads to increasing the level of sports achievements.

## CHAPTER ONE LITERATURE REVIEW AND PROBLEM STATEMENT

---

### **1.7. Problem statement. Working hypothesis.**

Archery is a complex static sport that requires maximal combination of technical skills, physical fitness and mental resilience.

The modern development of this sport, the continuous improvement of sports results and the increase of international competition in the world have imposed the need to develop and introduce more effective methods of technical training that will help to achieve high and sustainable sports results more quickly.

## SCIENTIFIC PROBLEM

---

The scientific problem of this study concerns the objective identification, quantitative assessment and discovery of important (key) factors that influence on the technique and sports performance of archery competitors. Despite the availability of literary sources containing the results of examination on individual elements of the technique, the Bulgarian and international literary sources still lack a comprehensive biomechanical model to link the specific kinematic parameters with the sports result, or at least it is not known that such a model has been developed. The problem is that it is impossible to achieve high precision and personalization of training process through traditional methods (observation, subjective assessment). That has imposed the use of modern instrumental methods of analysis such as Noraxon MioMotion, in order to highlight the defining technical components (or elements) that can be an object of correction and optimization.

The modern sports practice has shown that the progress of elite athletes is strongly dependent on some small details of technique and their repeatability. With limited possibilities for subjective assessment, especially of fast and complex movements such as the process of bow drawing and

shooting, namely these precise instrumental measurements make possible the objectification of technical errors. What is characteristic of archery is the tendency towards movement repetition, which often leads to automation of inaccurate and sub-ideal performances. The insufficient personalization and science-based improvements in training activities make it difficult to achieve progress, especially for young or ambitious athletes.

The introduction of systematic electronic technical research and analysis gives a possibility:

- ↳ To identify the important (key) technical elements in archery.
- ↳ To adapt exercises and corrections in a way to meet the individual needs of each archer.
- ↳ To accelerate and improve the optimization of technique, minimizing the risks of injuries associated with incorrect, compensatory movements.

## HYPOTHESIS

---

Based on the formulated research problem, it has been hypothesized that the integrated use of instrumental biomechanical analysis would make possible to identify specific kinematic parameters (e.g. angles, stability and variability), which correlate with sports performance in archers.

It has been assumed that stability of the positions of key joint complexes (shoulder girdle, elbow, wrist and head) is essential to achieve a high result.

It is considered that through a personalized and scientifically proven approach to the training process and technique correction, supported by information data from the Noraxon MioMotion system, sports results could be significantly improved compared to the standard, mostly intuitive training methods.

The thus formulated scientific problem and working hypothesis have created a reliable basis for clearly defined goals, objectives and research methods that are in line with modern trends in sports science and the needs of practice.

## CHAPTER TWO

### METHODOLOGY OF STUDY

---

#### **2.1. Purpose, tasks, object and subject of the study**

**The purpose** of this study is to improve the efficiency and effectiveness of technical performance of archery competitors by identifying and analysing the key components and elements of technique.

#### **The tasks of the study are:**

1. Analysis of contemporary literary sources related to technique, factors of sports performance and biomechanical features in archery.
2. Study on the opinion of archery competitors about the problems in training activities, assessment of technique and sports results, difficulties in preparation and in the competitive environment, features of physical and psychological preparation as well as on some internal and external factors influencing on shooting of athletes.

3. Implementation of instrumental biomechanical measurements to determine the kinematic parameters characterizing the shooting technique.
4. Analysis of the average values and variability of factors of technical preparation in each of the main execution phases.
5. Development of a regulatory framework and optimization models of technical preparation of archery competitors.

**The object** of the study involves the factors of technical preparation that influence on sports performance in archery.

**The subject** of the study is the process of technical preparation in archery.

**The examined subjects** are archery competitors of different age groups, practicing the Olympic style – recurve, with different sports qualifications and experience, some of them being included in the Bulgarian national team. The study involved 18 registered athletes (7 men and 11 women) aged 12-53 years, with various levels of sports experience – from beginners to advanced, all being right-handed shooters.

## **2.2. Research Methods**

### ***1. Examination and analysis of literary sources***

The literary sources that have been examined, systematized and summarized include scientific publications, dissertations, teaching materials and books covering the historical aspects of archery development, the factors of technical training of archers, modern theories and practices for optimization of sports technique and training as well as current biomechanical, psychological and methodological approaches in this field.

A total of 97 sources have been analysed, of which 31 are written in Cyrillic alphabet and 66 in Latin alphabet.

### ***2. Empirical research***

Conducting experimental observations and tests of archery competitors, including monitoring on the sports technique performance, and assessment of the individual features of participants in the study.

### ***3. Survey***

The targeted data collected refers to: demographic profile of the participants, features of the training process, subjective assessment of the technique, psychophysical preparation, difficulties and factors influencing on the competitors through structured questions. The data acquired in the survey provides valuable information about the opinion of respondents about the individual training approach, psychological strategies used and the degree of acceptance of technologies in the training process.

### ***4. Biomechanical and video analysis***

The study was carried out jointly with the Centre for Scientific and Applied Activities in Sports (CSPAS) at National Sports Academy “Vassil Levski”. A comprehensive analysis of the technique during shooting was carried out, carried out using video recordings, specialized software Noraxon MR3.18 and MioVideo, tools for measuring kinematic parameters, providing an objective assessment of the movements.

The use of specialized software (Noraxon MR3.18) provided the surveyors with reliable and objective data on key parameters of technical preparation that correlate with shooting results.

### ➤ **Criteria of selecting participants in the study**

A total of 18 registered archery competitors (7 men and 11 women) aged between 12 and 53 years, with different sports experience - from beginners to advanced, participated in the study, some of whom are included in the Bulgarian national team. Most athletes are women, and this imbalance is due to the larger number of female representatives in the club. All competitors are members of the Phoenix Archery sports club, which operates in the city of Sofia.

### ➤ **Study parameters**

The examined parameters include a comprehensive set of kinematic metrics measured by Noraxon MioMotion that describe the movement and positioning of key joints and body segments as well as the bow movement:

→ **Joint angles and movements of the shoulders and elbow:** RT (right side) Elbow Flexion, LT (left side) Shoulder Total Flexion, RT Shoulder Total Flexion, LT Shoulder Flexion, RT Shoulder Flexion, LT Shoulder Abduction, RT Shoulder Abduction, LT Shoulder Rotation - out, RT Shoulder Rotation-out.

→ **Head parameters:** Head course (rotation), Head pitch (forward/backward tilt), Head roll (side-to-side tilt).

→ **Forearm parameters:** LT Forearm course, LT Forearm pitch, LT Forearm roll.

→ **Bow parameters:** Bow course, Bow pitch, Bow roll.

→ **Left arm movement angles:** LT Angle X, LT Angle Y; as well as a common azimuth Angle

These parameters cover the three main axes of movement (sagittal, frontal and transverse) that allow to perform a comprehensive three-dimensional analysis of the technique during each phase of shooting: from the grip and tension to the shot production and arrow tracking.

## **5. Mathematical and statistical methods**

The statistical analysis is precise collected quantitative data processing using statistical methods.

4. Variance analysis for determining the average values and variability and research indicators in the three phases.
5. Sigma method – for quantitative assessment of the measurement results of features. Based on the average level for the entire studied population (archery competitors), a normative table has been developed allowing easy and quick assessment of any individual or team result. T-scores are standardized values presented in a 50-point system, making possible to compare the achievements according to differently sized tests and indicators. The average level of the entire population corresponds to 25 points. In cases where the lower value of result of a given indicator corresponds to a higher quality, the assessment scale is reversed.
6. Percentage of relative share for processing the survey results.  
Software such as SPSS (version 25) and Excel have been used.

## **2.3. Organization of the survey**

### ➤ **Stages of the survey**

The study was divided and conducted in five main stages:



- Stage I (01.01.2018 – 30.06.2019). Orientation in the issues and clarification of the structure of dissertation. Formulation of the scientific problem, goal, tasks, hypothesis and expected results. Theoretical study and analysis of literary sources.
- Stage II (01.07.2019 – 30.06.2020). Clarification of the issues related to the factors of technical preparation and sports performance in archery. Drawing up a detailed plan of the experimental part and clarification of the concept of methodology. Partial development of Chapter One of the dissertation.
- Stage III (01.07.2020 – 31.12.2021) Partial development of the Chapters Two and Three. Conducting the experimental part. Development of tables, figures, photos applicable to the dissertation. Detailed description and analysis of the experimental part.
- Stage IV (01.01.2022 – 31.01.2026). Preparation and publication of two scientific papers. Full completion and technical design of the dissertation.
- Stage V (01.02.2026 – 30.06.2026) Submission of the dissertation for discussion at the department and admission to internal defence.  
Procedures and implementation of public defence of the dissertation.

## **CHAPTER THREE**

### **RESULTS OF THE SURVEY AND ANALYSIS**

---

#### **3.1. 3.1. Survey of the factors influencing on technical preparation and sports results in archers**

The questionnaire was developed with the aim to study the internal and external factors influencing on the technical preparation and sports performance of archery competitors of Phoenix Archery sports club. The survey has made possible to obtain data related to age, gender, sports experience, training activity, psychological resilience and other aspects of preparation, which are of essential importance for achieving high sports results and for the individual development of competitors under the conditions of modern sport.

The obtained information helps to conduct a comprehensive analysis of influence of individual factors on technical preparation and sports achievements, at the same time allowing to outline the main trends and dependencies characterising the respondents.

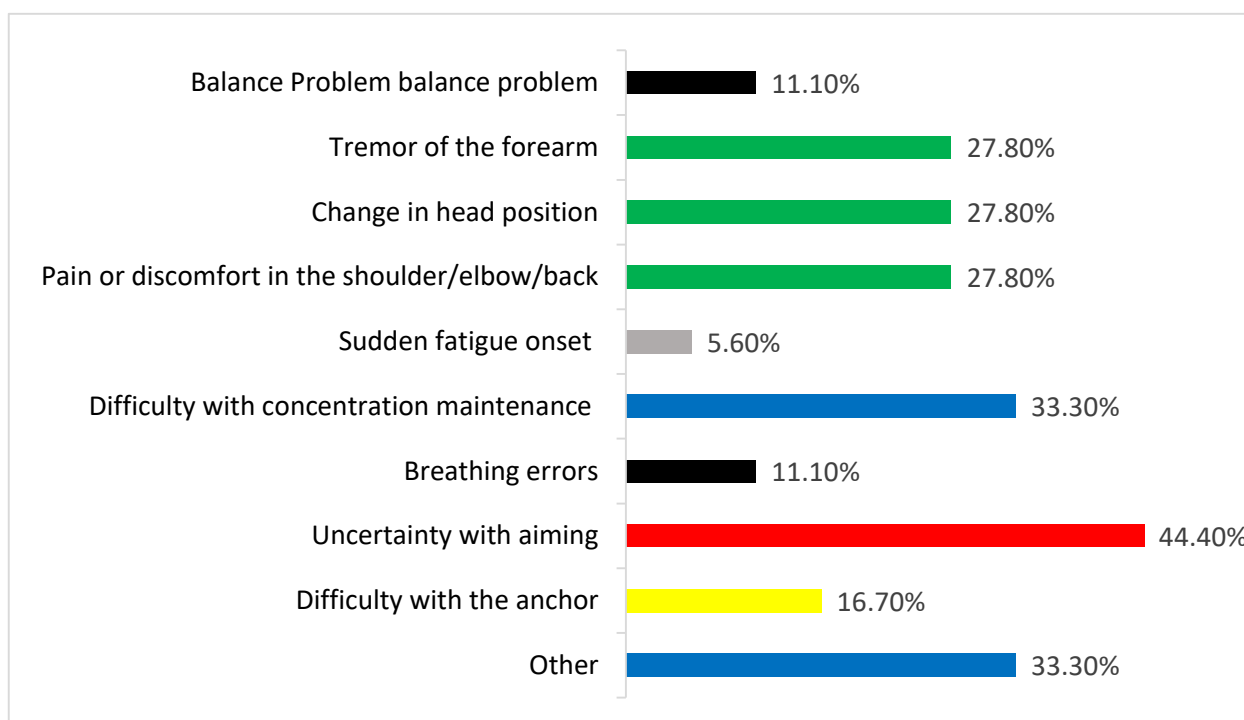
The data acquired through the questionnaire show that the biggest group included in the survey consists of athletes under 15 (33%), followed by those between 16–20 (28%). That indicates a serious rejuvenation of the team, since the older ones (over 30) are fewer but with greater experience and stability of results. The majority of athletes are women (61%), while men are 39%. This imbalance is explained by the larger number of female representatives in Phoenix Archery Sports Club.

The largest share of athletes are with sports experience of 6-10 years (44%), followed by those with experience of up to 5 years (28%), the more experienced ones have practiced archery for 16 years – 17% and 11-15 years – (11%). The athletes surveyed are mainly young and with medium experience, which suggests a certain impact on the stability of technique and sports results.

The competitors train 2-3 times a week (83%), those who are included in the national team train more than 5 times (6%). The participants in survey have defined the strongest elements of their technique as follows: forehand stability (5 people), good body position (line), stable posture, good control of the shoulders and back, right-hand consistency, continuous drawing and smooth work over the clicker and release (2 people). The shooters also indicated their main weaknesses: difficulties in releasing the shot (4 people), forehand instability (5 people), insecure grip (2 people), shot breakage

(2 people) as well as problems in position and posture, insecurity in drawing (2 people) and control on the clicker.

The information about the difficulties encountered by competitors during the training process is presented in **Figure 6**, highlighting uncertainty in aiming (44.4%) and difficulty in maintaining concentration (33.3%).



**Figure 6.** *Difficulties in shooting*

In response to the question "Other" (33.3%), the respondents have listed specific problems such as uniformity in the release, error in the grip of the handle and forefinger, poor rhythm of drawing the clicker, direction and rhythm, as well as sight failure.

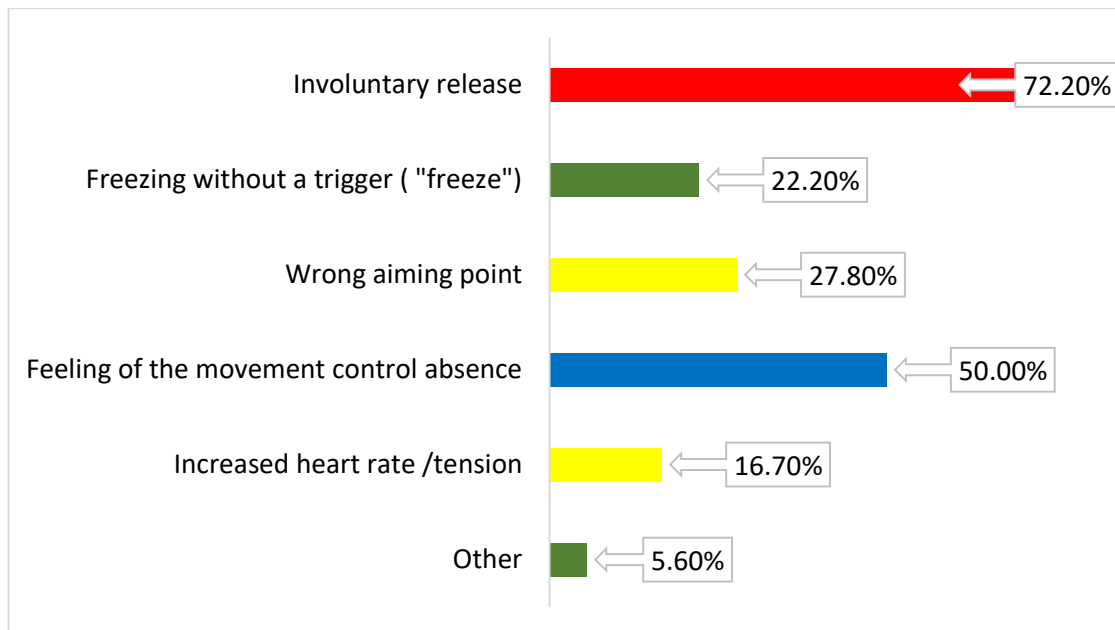
The technical preparation and confidence are important factors to achieve high sports results. Only 5.6% of the participants believe that they have a fully developed technique.

When asked "Which technical elements do you consider most important for your result?" the majority of competitors 94.7% (17) indicated a stable front hand as an important technical element for increasing sports results. A high share is also occupied by the bow grip and the release (releasing the string) of 77.8% each.

The majority of competitors systematically analyse their results after training, which supports their development and improvement.

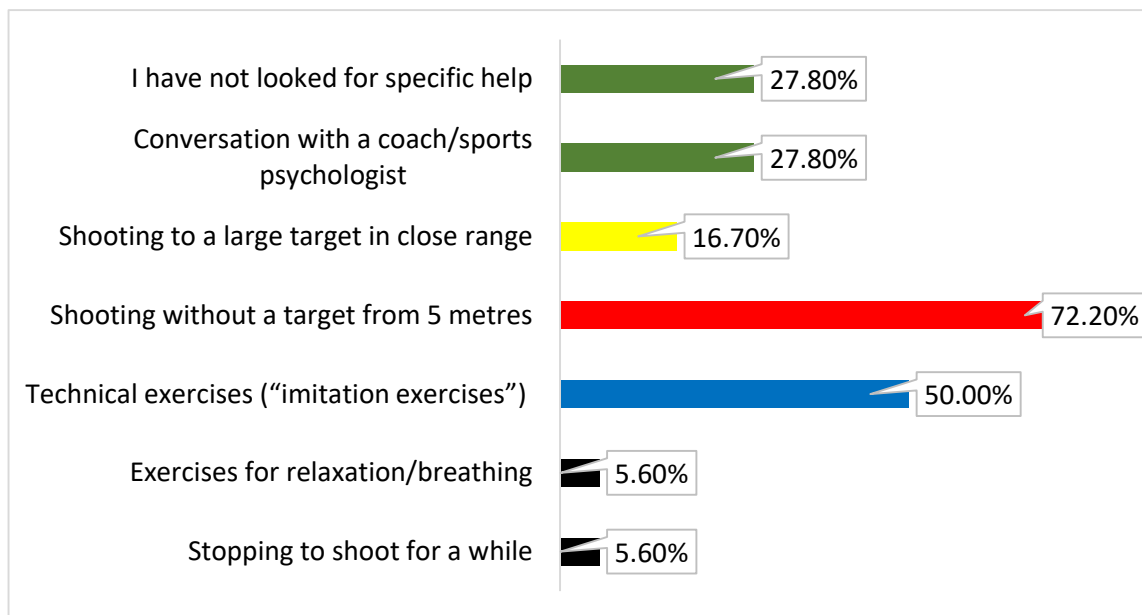
The results show that most of them experience the psychological problem of "target panic" and use a combination of self-regulation, psychological techniques and individual coping methods.

The data obtained are interesting when considering the symptoms of "target panic", the most common being the involuntary and abrupt release of string, reported by 72.2% of the surveyed archery competitors. (**Figure 8**).



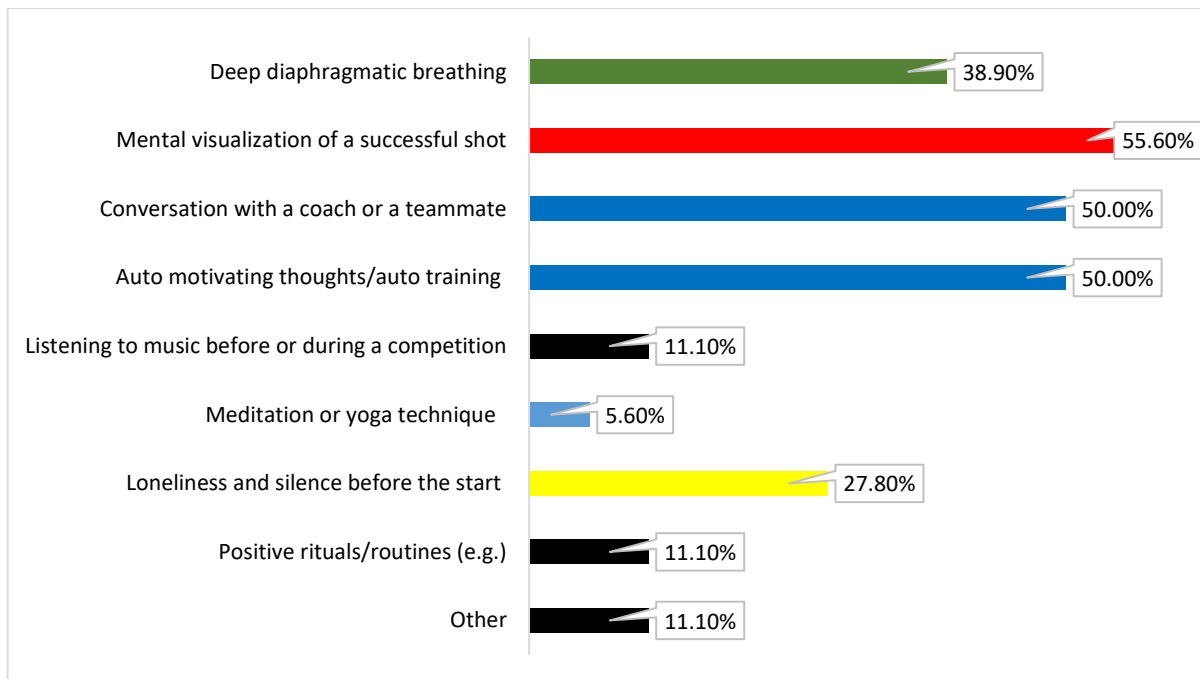
**Figure 8.** *Symptoms of "target panic" of archers*

What stands out in the analysis of the techniques and approaches used to deal with "target panic" is shooting without a target being the main method for reducing tension and restoring control on performance, preferred by 72.2% of competitors (**Figure 9**).



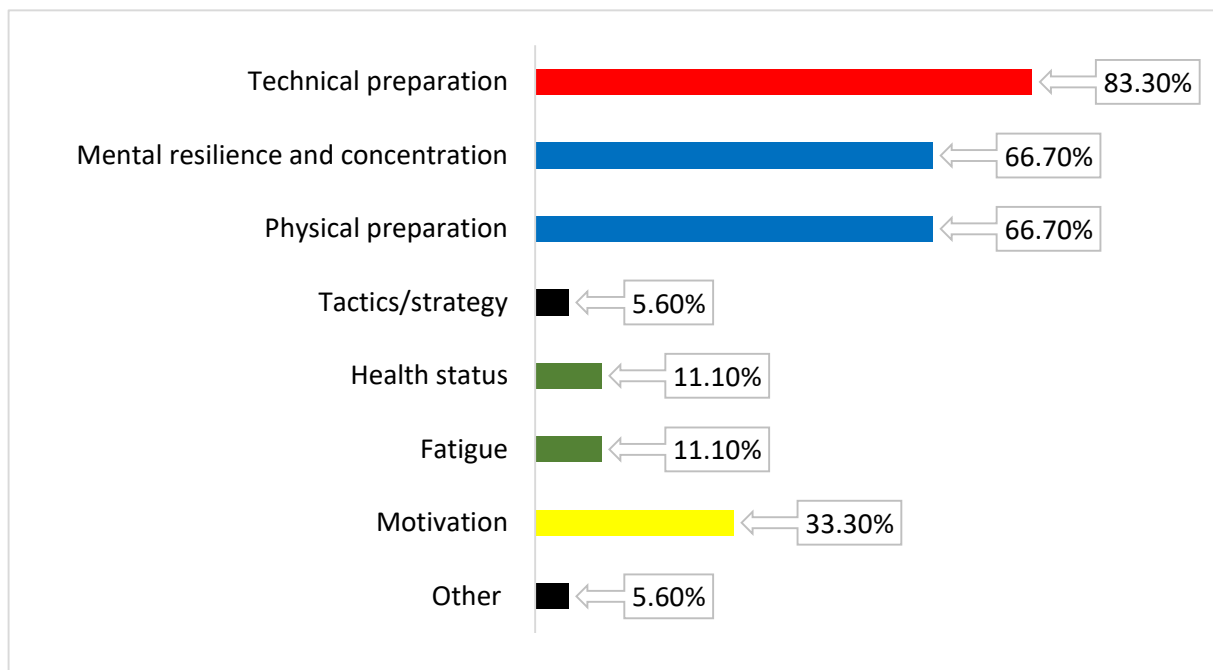
**Figure 9.** *Methods for dealing with a "target panic" situation*

When dealing with tension during a competition, competitors apply a variety of methods, among which the most common used one is the mental visualization of a successful shot (autogenic training), indicated by 55.6% of respondents (**Figure 10**).



**Figure 10.** *Methods to cope with tension during a competition*

It is of certain interest that the surveyed competitors expressed their opinion in regard to personal (internal) factors that most strongly influence on the final result in archery (**Figure 12**).



**Figure 12.** *Personal (internal) factors that most strongly influence on the final result in archery*

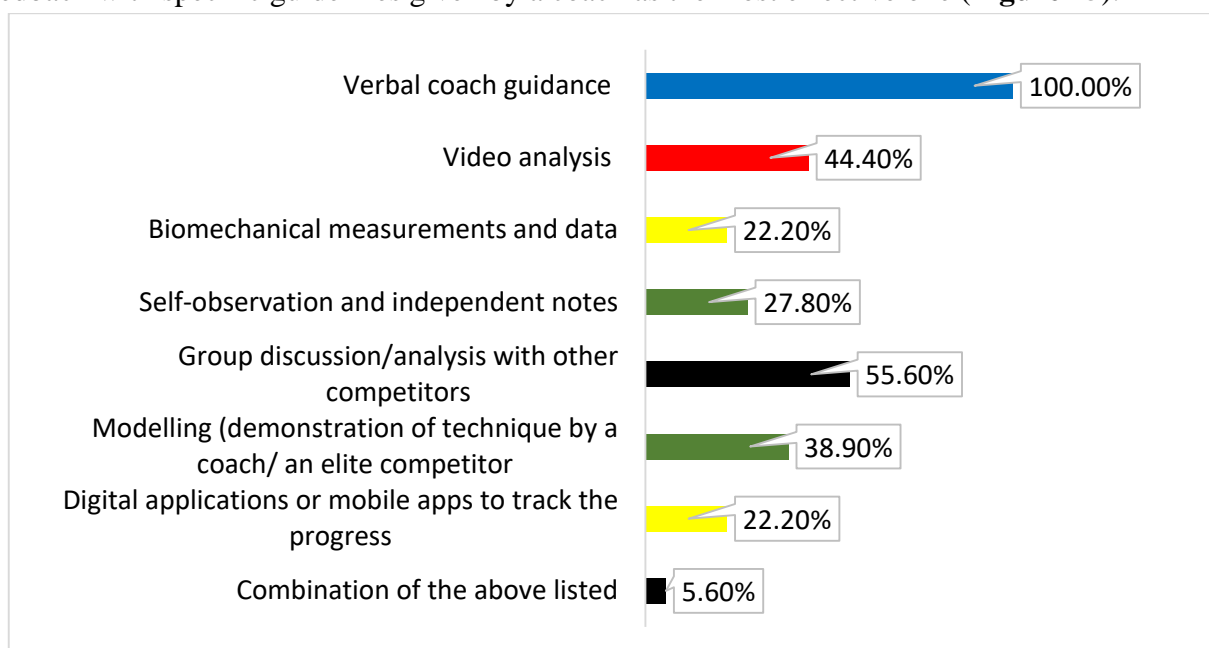
The main internal factor for high sports performance, pointed at by 83.3% of [participants in the survey, is their technical skills. Mental resilience and concentration, as well as physical training, are also of significant importance, as indicated by 66.7% of the respondents, respectively.

The respondents also rated the external factors influencing on the final result, beginning with the weather conditions (77.8%), followed by the tension of the competitive environment (55.6%), the material part (44.4%) and the features of hall or terrain such as lighting, noise, space (38.8%).

The comprehensive approach to preparation is also crucial to achieve high sports results. The vast majority of surveyed athletes (94.4%) are convinced that general physical training has a significant impact on sports performance, with 61% of them including general physical training exercises (without shooting) 2-3 times a week in their weekly training schedule, while only 5% have never practiced them.

Of all respondents, 89% do not practice other sports outside of archery that indicates a focus on one discipline and low sports multi-activity in the surveyed group.

It is striking that to improve their technique, all competitors (100%) prefer individual verbal feedback with specific guidelines given by a coach as the most effective one (**Figure 15**).



**Figure 15.** *Preferred feedback for technique improvement*

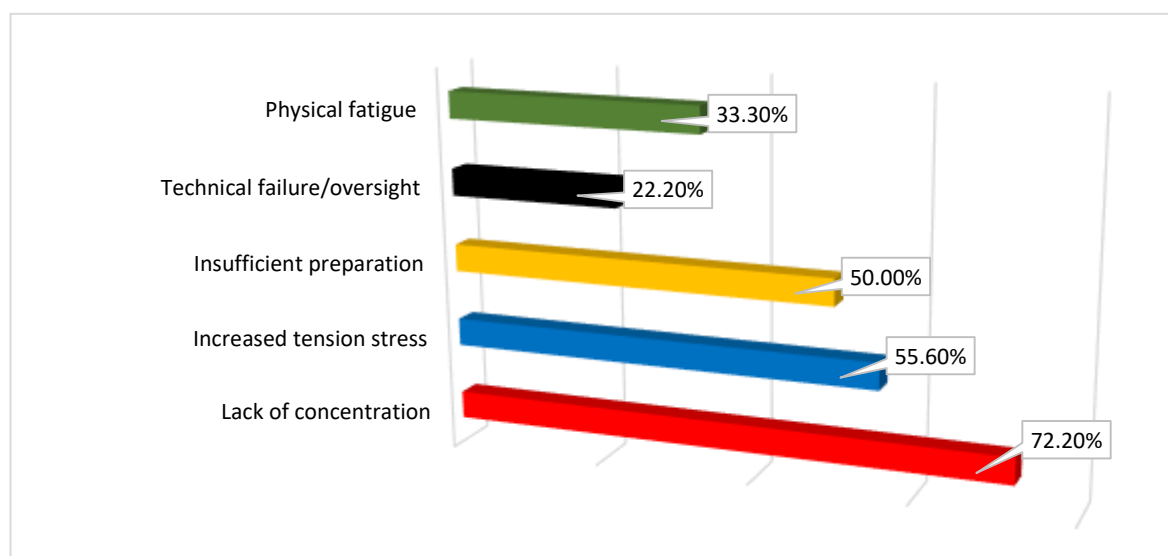
The group discussion with other athletes is important for 55.6%, and video analysis is necessary for 44.4% of respondents. Technique demonstrations by a coach or an elite athlete are positively rated by 38.9%, while self-monitoring and note-taking are indicated by 27.8%. Significantly less attention is paid to digital applications (22.2%) and biomechanical measurements (22.2%) as tools for monitoring and optimizing development.

It is of interest to comment on the opinion of respondents in regard to mental toughness training as a mandatory part of sports preparation, with 77.7% of respondents defining it as necessary, while only 5.6% not sharing this opinion. The survey results have clearly shown the need of systematic work with a sports psychologist, who has an important role in mental toughness, concentration, effective stress management and overcoming difficult moments in the sports environment.

When concentration drops, the majority of shooters (66.7%) prefer internal re-adjustment through mental rehearsal and recall of key technique elements. A short break is chosen by 16.7% of respondents as a strategy to restore concentration, 11.1% would not take any specific action, and

only 5.6% will discuss the situation with the coach. It shows that self-regulation is the leading mechanism to deal with a temporary drop in attention, and external support remains less used at such moments.

Most competitors (72.2%) think that their technical errors are due to lack of concentration (**Figure 16**), while 55.6% of respondents think that stress and tension are the cause of errors.



**Figure 16.** *What do you consider to be the main reason for technical errors?*

In summary, the respondents assume that the main causes of technical errors in archery are related mainly to mental factors, such as insufficient concentration and increased stress, while physical fatigue and technical errors are assessed as factors with a weaker influence.

**In conclusion**, it can be summarized that both external factors (noise, conversations, competition) and internal psychological factors (thoughts, emotional tension) strongly influence on the ability to concentrate in archery, and their management is of key importance to sports success.

The survey results have shown that the main factors of technical preparation and sports performance in archery are related to a targeted and structured training process, with attention paid to basic technical elements (forearm stability), systematic self-monitoring and analysis of performance as well as strengthening the mental resilience and ability to concentrate.

Based on the data, it can be seen that relatively young and moderately experienced athletes often achieve upward results, but at the same time they also exhibit certain fluctuations related to fatigue, stress and difficulties with technique control, which requires an individual approach and more active work with coaches and sports psychologists.

The survey has confirmed that the combination of high-quality technical training using video analysis and modern technical means, combined with systematic psychological support and targeted development of physical qualities, are of fundamental significance to increase sports results of the surveyed archers.

### **3.2. Average values and variability of the technical preparation factors**

Chapter 3 of this dissertation presents a detailed analysis of biomechanical indicators collected in “Phase 1” (anchor), “Phase 2” (drawl under the clicker) and “Phase 3” (shooting).

The analysis is structured by groups of indicators from the view point of logical and functional interaction: elbow and shoulder flexion, shoulder abduction and rotation, head position, forearm movements, elbow position and body spatial angles.

The total number of indicators is 21, and the obtained data are processed as average values ( $\bar{X}$ ), minimum (MIN) and maximum values (MAX), standard deviation ( $S\pm$ ), coefficient of variation ( $V\%$ ) and real range of variation ( $R = \text{MAX} - \text{MIN}$ ) for each kinematic variable (*Appendix No. 2, No. 3, No. 4*).

### The analysis is structured according to the three main phases of shot:

- “Phase 1” (anchor) – after taking the initial position and initial tension of the string.
- “Phase 2” (draw under the clicker) – additional draw of the clicker, while at the same time the entire basic position does not change.
- “Phase 3” (shot) – release of the string in direction opposite to that of the arrow take-off.

After the analysis of each phase separately, brief interim conclusions have been drawn, as at the end of the Chapter 3, the phases are considered in a comparative aspect and as a whole from the viewpoint of shooting technique and sports result (the point result of six shots).

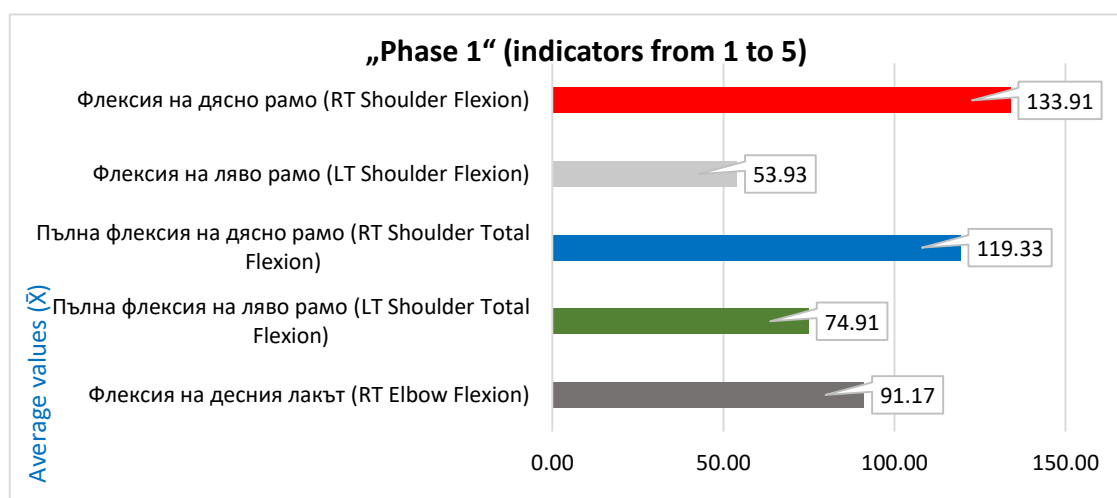
#### 3.2.1. Average values and variability of the indicators in “Phase 1” (anchor)

In sports archery, the anchor phase is key to stabilize the “archer-bow” system before the shot.

“Phase 1” (anchor) covers the time when the examined athletes draw the bow to a position, at which the string touches one’s chin and nose. This phase is characterised with placing the string under the jaw and directing the sight towards the target (rough aiming). It is the moment before full draw, when the “archer-bow” system stabilizes preparing for the shot.

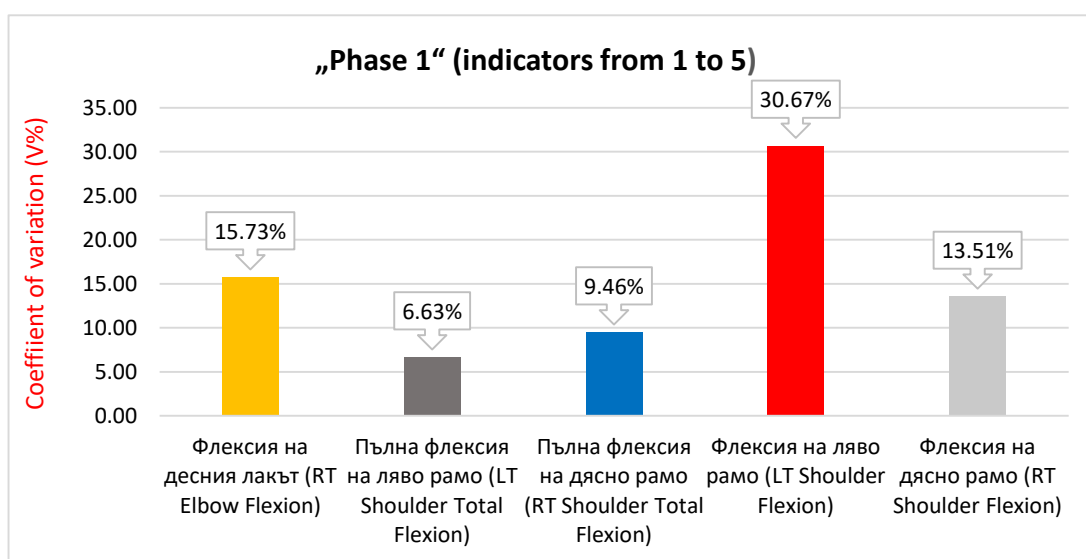
#### ➤ Analysis of the “shoulder-elbow complex” (indicators 1–5)

**Figure 18** illustrates the average values ( $\bar{X}$ ) for the “shoulder-elbow complex” in a comparative aspect, and **Figure 19** reflects the variability of the indicators examined in this phase.



**Figure 18.** Average values of the indicators of “shoulder-elbow complex” in “Phase 1” (°)

The average value ( $\bar{X}$ ) of “right hand elbow flexion” (RT Elbow Flexion) is 91.17 degrees with a standard deviation ( $S\pm$ ) of 14.34 degrees and a coefficient of variation (V%) 15.73%. The range of measured values is  $R=57.8$  degrees, ranging from the minimum value (MIN) of 67.14 to the maximum one (MAX) of 124.94 degrees. The data indicate that when positioned in the anchor, athletes occupy a similar, but not identical angle of “right elbow flexion”, which is expected, since the drawing hand (right for right-handed people) can be positioned slightly further out or back depending on the individual anthropometry, tension length and preferred point of the anchor. The values of coefficient of variation (V%) are in the range of 15–16% and reflect moderate variability (homogeneity) both between individual shooters and between individual shots in the group, which suggests a relatively uniform elbow position in the examined phase (**Figure 19**).



**Figure 19.** Variability of examined indicators of “shoulder-elbow complex” in “Phase 1”

The data of examination on “flexion and total flexion in the shoulder joints” also provide important information, with the average value ( $\bar{X}$ ) for “total flexion of the left shoulder” (LT Shoulder Total Flexion) being 74.91 degrees with a low standard deviation ( $S\pm 4.97$  degrees) and  $V=6.63\%$ . The range is relatively limited, around 24 degrees. That indicates a relatively uniform position of the shoulder girdle on the bow side (left shoulder), which is an indicator of bow-holding hand stability.

A similar trend is observed about “total flexion of the right shoulder” (RT Shoulder Total Flexion), where the average value ( $\bar{X}$ ) is 119.33 degrees, with  $S\pm 11.29$  degrees and  $V=9.46\%$ , and the range of variation around 42 degrees. The variability here is higher, since the right shoulder (the drawing arm) is active and depending on the anchor position and the anthropometric indicators of the upper arm and forearm, the competitors stand at a different angle during the hold. For both indicators,  $V$  is from 6.63% to 9.46%, which is below 10% and indicates a homogeneous and uniform sample, respectively low variability.

The indicators of “left shoulder flexion” (LT Shoulder Flexion) and “right shoulder flexion” (RT Shoulder Flexion) have proved the asymmetry between the bow-holding and drawing arms. The average value ( $\bar{X}$ ) for “left shoulder flexion” is 53.93 degrees and has a very high range ( $R=68.46$  degrees, from 19.61 to 88.07 degrees) and high  $V=30.67\%$ . This is an indication of significant individual differences in positioning of the left shoulder in the anchor phase. In practice, this is the

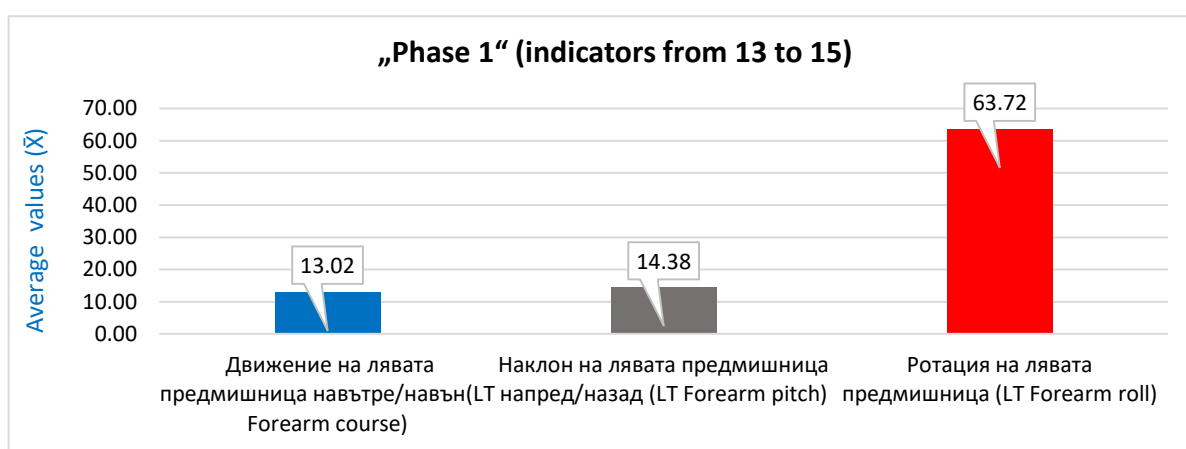


point, at which archers stabilize the shoulder level, where the more experienced competitors usually hold their shoulders lower, while the less experienced ones compensate by raising them.

Similarly, the “right shoulder flexion” has an average value ( $\bar{X}$ ) of 133.91 degrees and a coefficient of variation  $V=13.51\%$ . Although the range ( $R$ ) of values is comparatively wide,  $V\%$  remains within relatively stable parameters, indicating a comparatively uniform and homogeneous sample. These results suggest that the shoulder position of drawing hand is maintained relatively constant by the examined athletes.

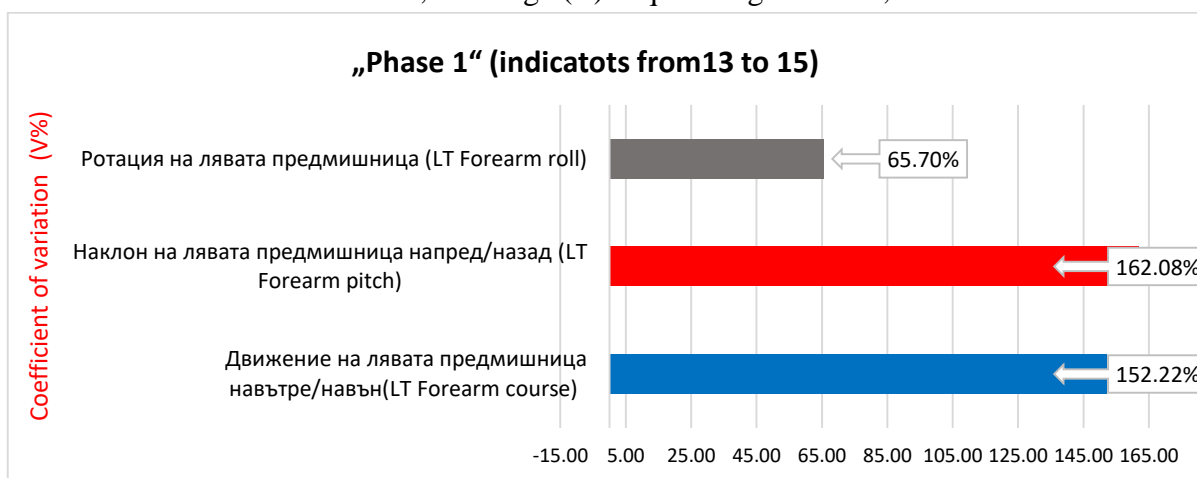
### ➤ *Forearm of the supporting hand (indicators 13–15)*

**Figure 24** illustrates the average values of indicators for the forearm of supporting hand, and **Figure 25** reflects the variability of the examined indicators.



**Figure 24.** Average values of the forearm of supporting arm in “Phase I” (°)

The coefficient of variation  $V\%$  for all three indicators has very high values (**Figure 25**): “left forearm course” (LT Forearm course) has an average of 13.02 degrees, ( $S\pm$ ) 19.82, with  $V=152.22\%$ ; “left forearm pitch forward/backward” (LT Forearm pitch) has an average of 14.38 degrees, ( $S\pm$ ) is 23.31 and  $V\%$  is 162.08%; “left forearm roll” (LT Forearm roll) has an average of 63.72 degrees, and  $V= 65.70\%$ . For all three indicators, the range ( $R$ ) is quite large: 112.61, 137.88 and 160.01.



**Figure 25.** Variability of the forearm position in “Phase I”

Comparing the coefficient of variation (V%) for the three indicators, although all are in the area of instability and inhomogeneity, the values of “left forearm rotation” (LT Forearm roll) stand out being three times lower.

The range is large at “forearm pitch” (LT Forearm pitch) –  $R=137.88$  degrees. That proves that during the anchor, the pressure point of grip starts to change, being preparation for “Phase 2” – the clicker draw. The wrist of bow-holding hand is one of the most variable elements in “Phase 1”, since the inconsistent application of force to the grip can lead to lateral deviations of the bow and worsen accuracy.

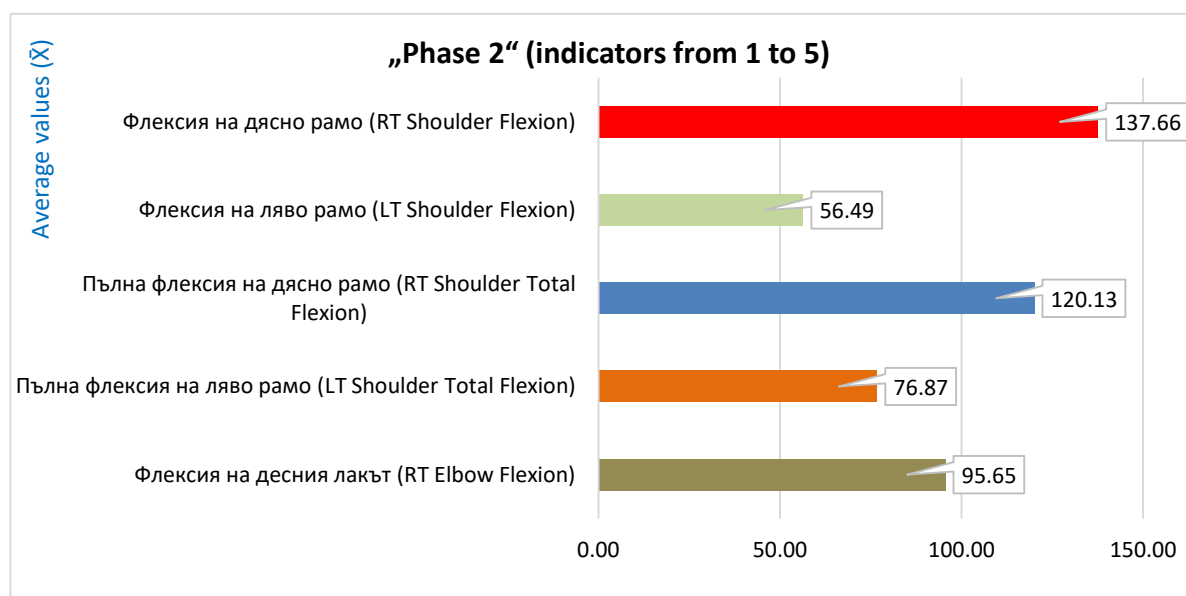
**In conclusion, it can be summarized** that “Phase 1” can be defined as a configuration and preparatory phase, when the “archer-bow” system is aligned and aimed at the target, but optimal stability has not been reached yet. It is characterized by significant individual variability, especially in elements with little mechanical support.

### 3.2.2 Analysis of “Phase 2” (drawing under the clicker)

“Phase 2” involves further bow string drawing until the clicker signals one and the same length of draw. In this phase, the tension is maximum and mostly dynamic. The aim is to achieve the highest repeatability, since each shot must be done in one and the same position. The high accuracy in this phase (low V%) usually correlates with good grouping of hits.

#### ➤ *Analysis of the shoulder-elbow complex (indicators 1–5)*

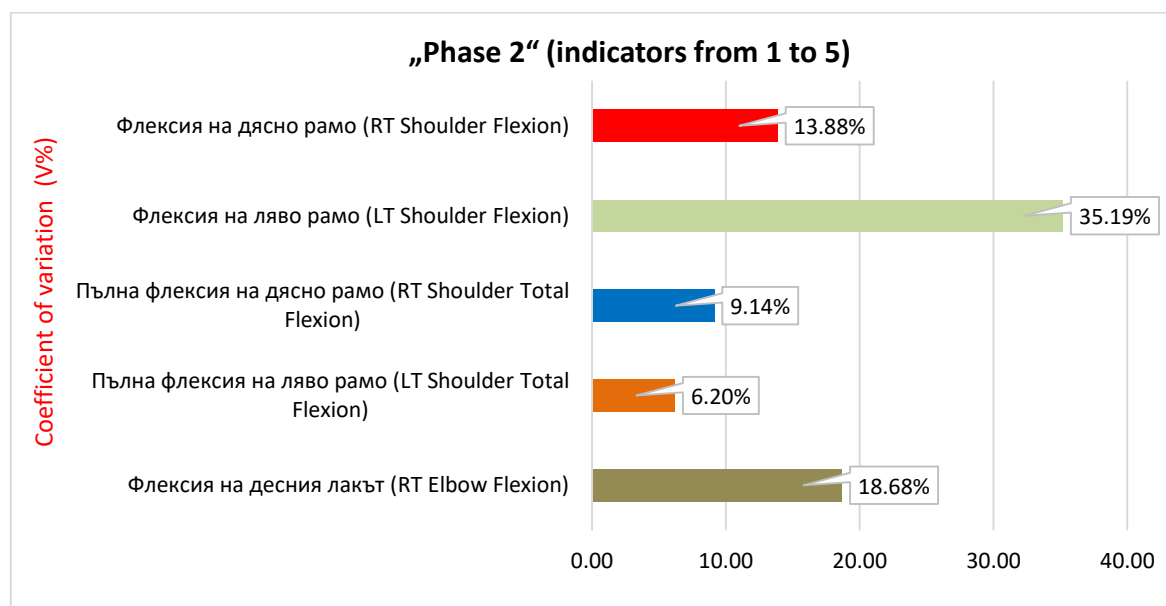
The effort observed in “Phase 2” is aimed at further bow drawing and equalizing the positions of anchor, which is a key to stabilise the “archer-bow” system before the shot. The average values of the shoulder-elbow complex indicators are presented in **Figure 30**.



**Figure 30.** Average values of indicators of the “shoulder-elbow complex” in “Phase 2” (°)

The measurements show that the “right elbow flexion” (RT Elbow Flexion) reaches an average value ( $\bar{X}$ ) of 95.65 degrees with a standard deviation  $S \pm 17.87$  degrees. The coefficient of

variation  $V=18.68\%$  (**Figure 31**) shows the relative stability and homogeneity of the examined population, similar to observations in “Phase 1”.



**Figure 31.** Variability of the examined indicators of “shoulder-elbow complex” in “Phase 2”

Although  $V$  remains above 12%, the average value of flexion ( $\bar{X}$ ) increases slightly towards “Phase 1” (from 91.17 to 95.65 degrees), indicating greater elbow flexion and arm retraction towards the fulcrum, a movement that is substantial with reaching the maximum bow tension. These data indicate a progressive increase in muscle control and stability in early phases of shooting, which is important to achieve technical repeatability and accuracy.

The measurements have shown that the “left shoulder total flexion” (LT Shoulder Total Flexion) increases on average ( $\bar{X}$ ) to 76.87 degrees. In comparison to “Phase 1”,  $V=6.20\%$  decreases and is within the limits defining the element, as the sample is extremely homogeneous and uniform. Compared to MIN and MAX values, the range is extremely small – 23.7 degrees, which again confirms the homogeneity of indicators in the entire group.

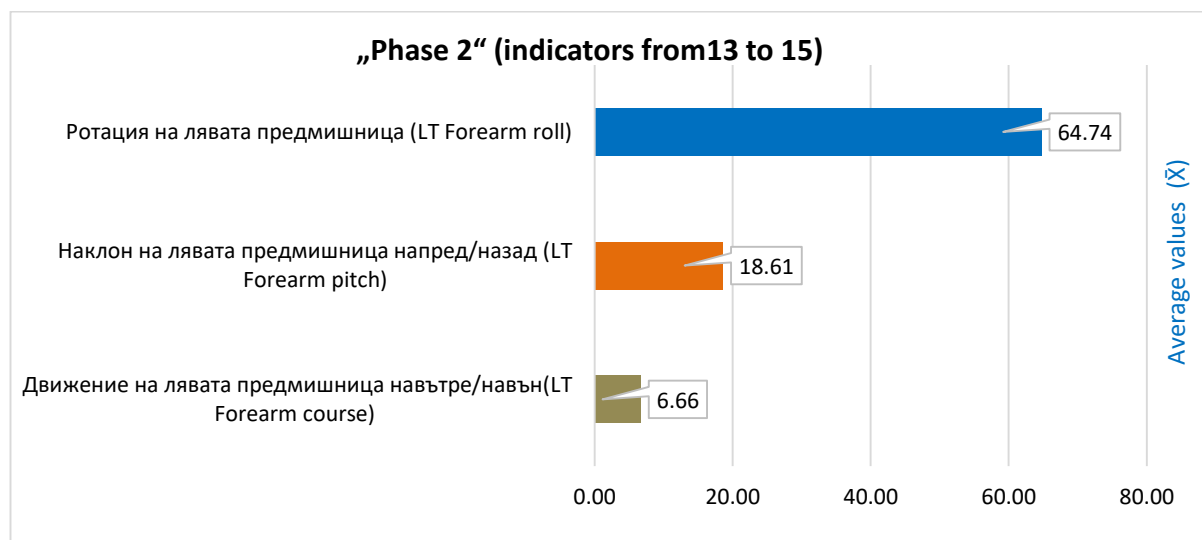
The values for the “right shoulder total flexion” (RT Shoulder Total Flexion) show preservation of the average level ( $\bar{X}$ ) of 120.13 degrees with a variation coefficient value of  $V=9.14\%$ . The low values of  $V\%$  again indicate a very high level of homogeneity of indicators in the entire group.

Comparing all indicators for “right shoulder total flexion” (RT Shoulder Total Flexion), it is observed that the values in “Phase 1” and “Phase 2” are very close, which also confirms the theory of very small changes that occur during the clicker draw.

The data of the examination on “left shoulder flexion” (LT Shoulder Flexion) and “right shoulder flexion” (RT Shoulder Flexion) are interesting.  $\bar{X}$  of “left flexion” is 56.49 degrees,  $R=95.35$  degrees, and  $V=35.19\%$ , which means that before the string release, the shoulder position of supporting arm is very different and individual. Conversely, “right shoulder flexion” (drawing arm) is of  $\bar{X}=137.66$  degrees and  $V=13.88\%$ , indicating significantly higher repeatability and homogeneity compared to “left shoulder flexion”. It suggests that namely the drawing hand serves as a main “literary sources marker” of stability before the shot, while the hand holding the bow allows a wider compensatory range.

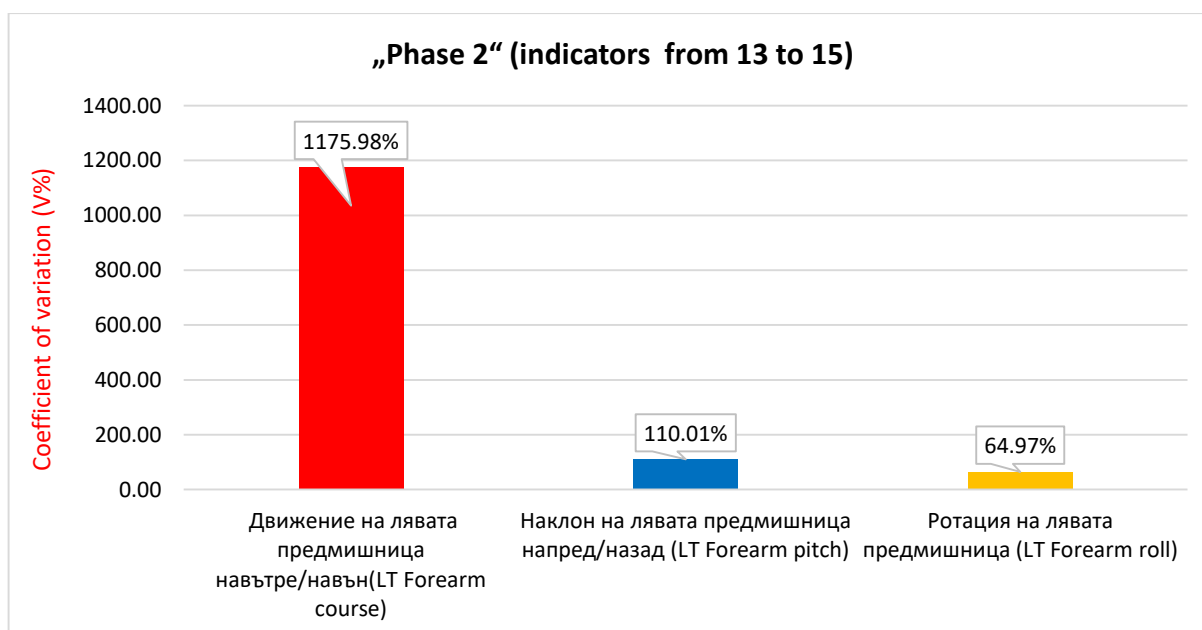
### ☞ *Forearm of the supporting hand (indicators 13–15)*

The forearm continues to be highly variable, but a change is noticeable. The average values ( $\bar{X}$ ) for the indicators of “forearm of the supporting hand” are presented in **Figure 36**.



**Figure 36.** Average values of the forearm of supporting hand in “Phase 2” (°)

The data of examination indicate that the “left forearm in/out course” (LT Forearm course) decreases, with the average value ( $\bar{X}$ ) from 13.02 degrees in “Phase 1” to 6.66 degrees in “Phase 2”, indicating that the forearm has aligned more retracted to the bow axis. Despite that, the V% remains high (>100%), which means that not all of archers can control equally the pressure of wrist on the grip and the left forearm extended position is different (**Figure 37**).



**Figure 37.** Variability of forearm position in “Phase 2”

Similarly, the “left forearm forward/backward pitch” (LT Forearm pitch) has an average value ( $\bar{X}$ ) of 18.61 degrees and  $V=110.01\%$ . When analysing the standard deviation (S) and range (R), it is observed that the values of all three indicators in “Phase 2” has decreased. Despite the decrease of all parameters,  $V\%$  remains high, indicating that the measurements are inhomogeneous and unstable.

The average values ( $\bar{X}$ ) for the “left hand forearm roll” (LT Forearm roll) are 64.74 degrees, with a coefficient of variation  $V=64.97\%$ . Compared to “Phase 1”, the values of these parameters have remained almost unchanged. Despite the relatively high results for  $V\%$ , the comparison of close parameters in the two phases have confirmed minimal changes in the left forearm roll during the clicker draw-out.

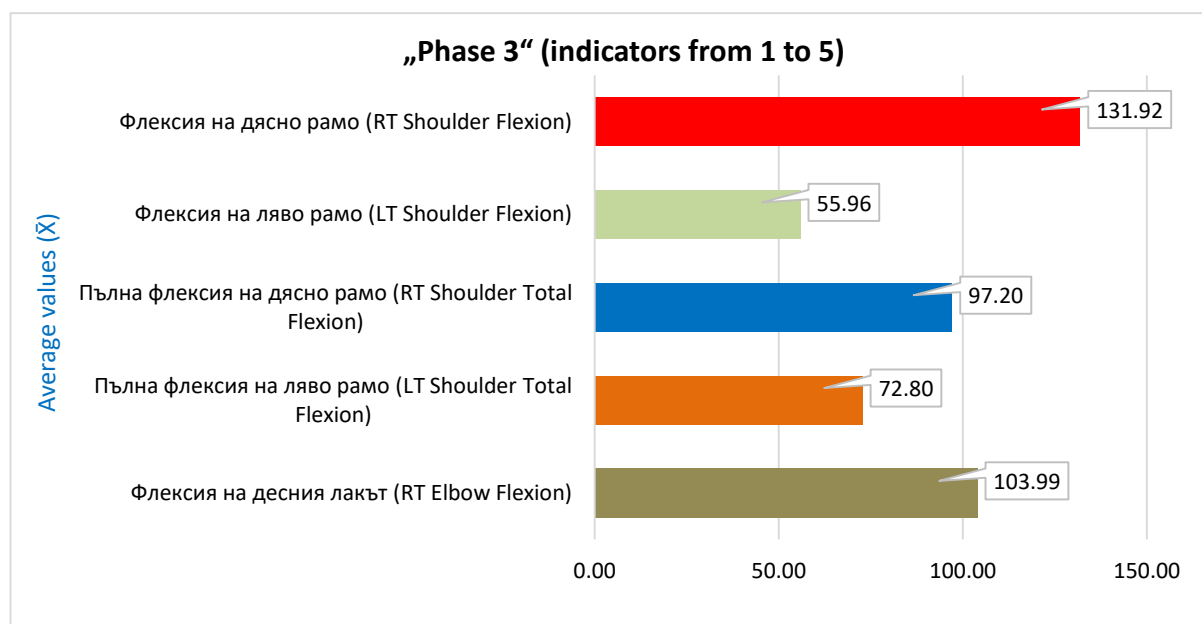
### 3.2.3 Analysis of “Phase 3” (shot)

The final stage of shot execution is a critical moment for achieving accuracy. “Phase 3” covers the very release of string until the moment when the arrow leaves the bow. Biomechanically, it is the critical moment in energy transfer.

In this phase, any instability accumulated in the previous stages of the shot appears as a deviation in the arrow’s trajectory. Therefore, the high repeatability and low coefficient of variation ( $V\%$ ) should be most pronounced in this phase for well-trained shooters.

#### ☞ *Shoulder-elbow complex (indicators 1–5)*

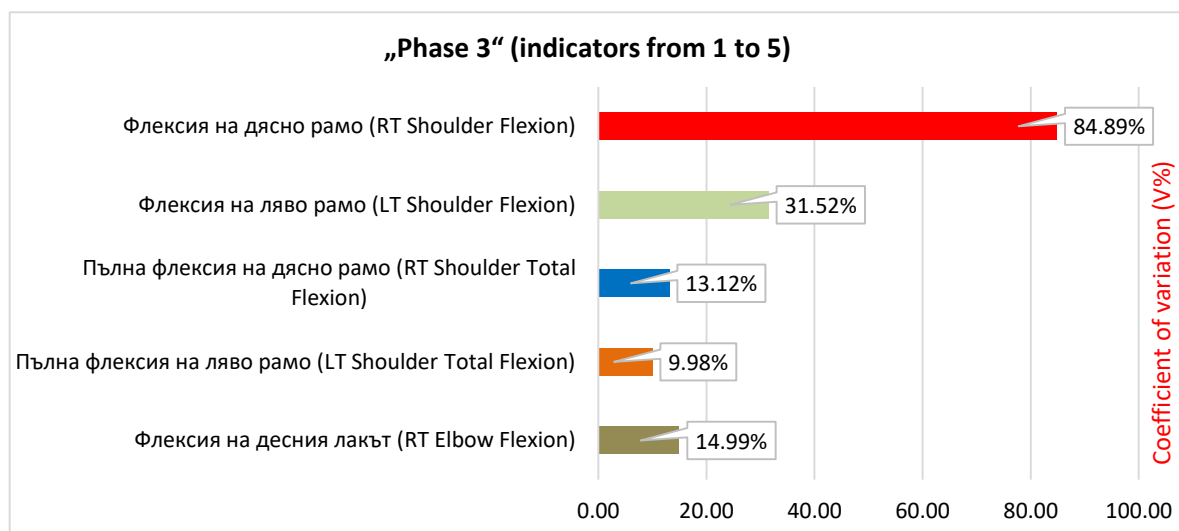
**Figure 42** presents the average values of shoulder-elbow complex indicators. The data of examination have shown that the “right elbow flexion” (RT Elbow Flexion) in “Phase 3” increases to an average value ( $\bar{X}$ ) of 103.99 degrees, with a standard deviation  $S\pm 15.59$  and a coefficient of variation  $V=14.99\%$ .



**Figure 42.** Average values of the “shoulder-elbow complex” indicators in Phase 3” (°)

That shows a slight movement of the drawing arm back after the release – a typical movement at the moment of shot (follow-through) in the classic shot.

In fact, the coefficient of variation decreases from 18.68% in “Phase 2” to 14.99% in “Phase 3”, which indicates that the movement after the string release is relatively repeatable with good homogeneity and low variability (**Figure 43**).



**Figure 43.** Variability of examined indicators of the “shoulder-elbow complex” in “Phase 3”

The increase of the average value ( $\bar{X}$ ), the decrease of the coefficient of variation (V%) and the increase of repeatability are prerequisites for the correct direction when releasing the arrow. This shows that the execution of the movement is stable and controlled, which is key to the efficiency and accuracy of the shot.

With “total flexion of the left shoulder” (LT Shoulder Total Flexion) the average value ( $\bar{X}$ ) is 72.40 degrees,  $V=9.98\%$ , and at “right shoulder” (RT Shoulder Total Flexion) the average value ( $\bar{X}$ ) is 97.20 degrees with  $V=13.12\%$ . The data of the study show that after the shot the average values in the three phases for the “total flexion of the left shoulder” indicator remain very close, with V% being below 12%. This indicates a highly homogeneous and low-variable sample.

The average values for “total right shoulder flexion” decrease sharply at the moment of shot, and the coefficient of variation increases slightly, but remains within the limits of good homogeneity and low variability. The shoulder positions remain largely close to those in “Phase 2”, without significant changes in position. That is a good indicator that archers do not “disassemble” their position immediately after the release.

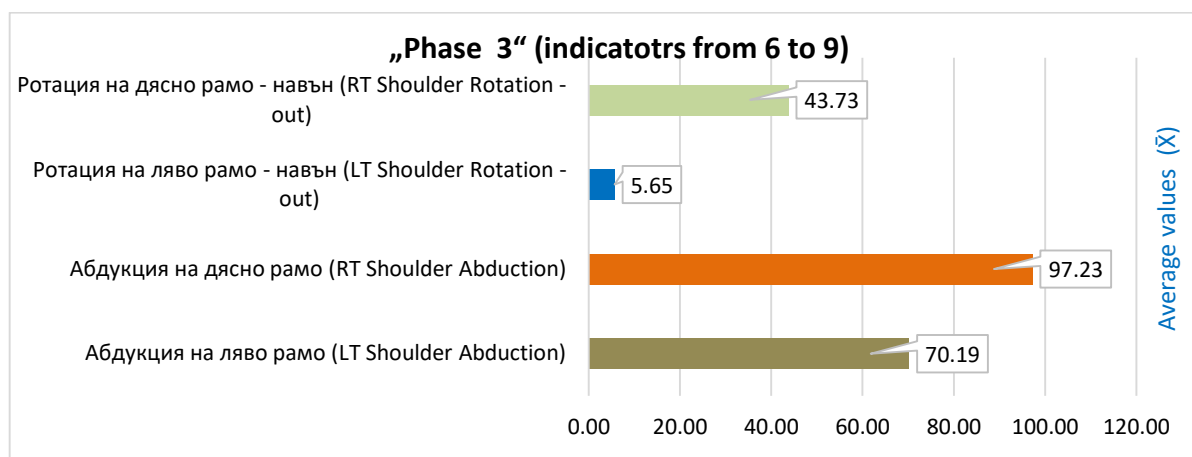
The results of the study show that the average values ( $\bar{X}$ ) for “left shoulder flexion” (LT Shoulder Flexion) decrease to 55.96 degrees, but the difference compared to the values in “Phase 2” is minimal. The range (R) is 78.96 degrees, and the coefficient of variation (V) reaches 31.52%. That is an indicator of active participation of the bow-holding hand after the release. With some archers, this hand remains stably active forward, while some change their position, with the shoulder performing up and back course. The high coefficient of variation (over 30%) indicates poor homogeneity and increased variability, which means that the positioning of bow-holding hand is different for each archer. To control this element is important from a coaching view point.

The data of the examination on the “right shoulder flexion” (RT Shoulder Flexion) show that the average value ( $\bar{X}$ ) is 131.92 degrees that represents small differences compared to “Phase 1” and “Phase 2”. It is impressive that range (R) has increased five times compared to “Phase 1” and “Phase

2”, and V% has also changed significantly from 13.51% and 13.88% (“Phase 1 and “Phase 2”), to 84.89% in “Phase 3”. The results of study have proved that indicators are unstable, and the examined population is inhomogeneous.

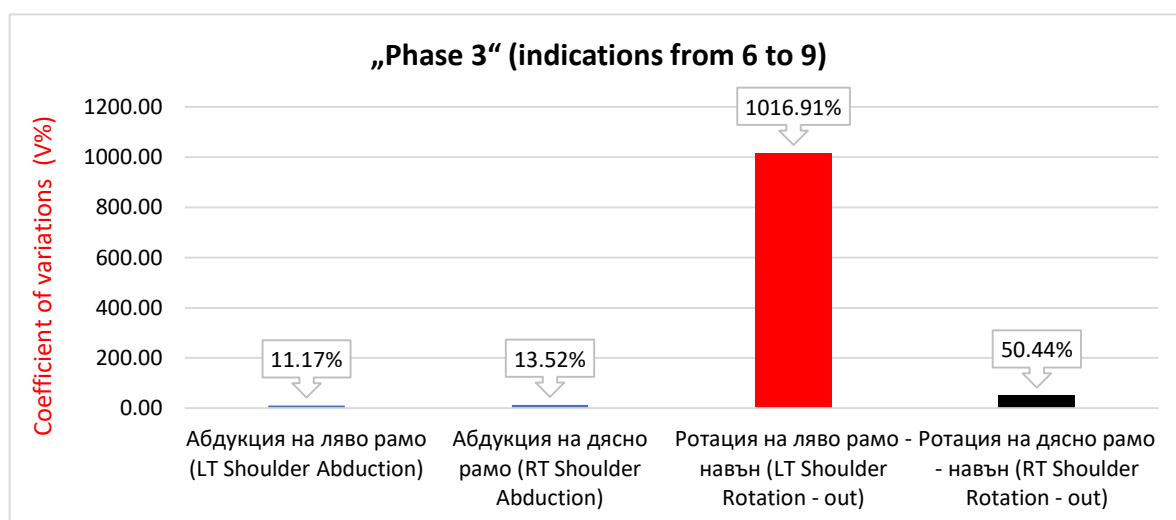
#### ☛ *Abduction and external rotation of shoulders (indicators 6–9)*

The comparative analysis of average values in abduction and external rotation of shoulders is presented graphically in **Figure 44**.



**Figure 44.** Average values of “abduction and external rotation in the shoulder joints” in “Phase 3” (°)

The results for “left shoulder abduction” (LT Shoulder Abduction) show an average value ( $\bar{X}$ ) of 70.19 degrees, with a coefficient of variation  $V=11.17\%$ , while for “right shoulder” (RT Shoulder Abduction)  $\bar{X}=97.23$  degrees, with  $V=13.52\%$ . In both indicators, one can notice a decrease of the average values and increase of the coefficient of variation compared to “Phase 1” and “Phase 2” (**Figure 45**), but nevertheless the V% values remain within the limits of good homogeneity and low variability.



**Figure 45.** Variability of the examined indicators “abduction and shoulder rotation - out in “Phase 3”

According to the data from the examination on “left shoulder rotation - out” (LT Shoulder Rotation - out), it has been found that the average value ( $\bar{X}$ ) is very low –5.56 degrees, and the

coefficient of variation (V%) remains extremely high, over 1000%. It shows that after the shot, some shooters literally “relax” the shoulder and scapula, while others continue to control the directions of shoulder and scapula.

The values of the standard deviation in the three phases are similar, which suggests a relative stability in data distribution despite the reported large variability between individual shots.

The results for “right shoulder rotation - out” (RT Shoulder Rotation - out) show an average value ( $\bar{X}$ ) of 43.73 degrees with V=50.44%. The transition of minimum values into minus, and the maximum values into plus, reflects the stylistic differences of the individual shooters in shot execution. That is also one of the reasons for the value of coefficient of variation, which shows weak homogeneity and increased variability.

#### **3.2.4. Analysis of the three phases (P-1; P-2; P-3, indicators 1 to 21)**

The analysis of the three phases of shot: “Phase 1” (anchor), “Phase 2” (drawing under the clicker) and “Phase 3” (release of the shot) allows to track the changes in the kinematic structure of movement and the stability of individual parts of the “archer-bow” system.

The analysis includes 21 indicators distributed in six groups. The data acquired in the study of the “shoulder girdle and elbow joint” (1 to 5) show the basic static and dynamic stabilization of shooting position.

In “right elbow flexion” (RT Elbow Flexion), the angle average value ( $\bar{X}$ ) gradually increases from 91.17 degrees in “Phase 1” to 95.65 degrees in “Phase 2” and reaches 103.99 degrees in “Phase 3”, which reflects an increase in tension and a change in the drawing arm configuration. The coefficient of variation (V%) remains within the limits of moderate variability (15.73%, 18.68%, 14.99%), the lowest variability being recorded in “Phase 3”. It shows that when the shot is released, the flexion pattern of elbow is well automated and is reproduced relatively stable.

There are two indicators distinguished by the highest stability of all parameters of the shoulder girdle.

In “left shoulder total flexion” (LT Shoulder Total Flexion), the average values ( $\bar{X}$ ) are about 74.91 degrees, 76.87 degrees and 72.80 degrees for P-1, P-2 and P-3, and V% is kept within the range of 6.63 – 9.98%, which characterises the well-mastered technique.

The data of the study show that in “right shoulder total flexion” (RT Shoulder Total Flexion) the average values ( $\bar{X}$ ) are 119.33 degrees, 120.13 degrees and 97.20 degrees, with V% of 9.46%, 9.14%, 13.12% respectively. For both indicators, relatively low variability is observed, especially in “Phase 2”, reflecting a stable and repeatable anchor and shoulder position during the draw-down under the clicker.

Greater individual variability is observed in “left shoulder flexion” (LT Shoulder Flexion) and “right shoulder flexion” (RT Shoulder Flexion). In “left shoulder flexion” (LT Shoulder Flexion), the coefficient of variation (V%) remains high in all three phases (about 31–35%), which means that the left shoulder position differs noticeably of individual athletes and different shots.

The data of the study in “right shoulder flexion” (RT Shoulder Flexion) are of certain interest. The coefficients of variation (V%) in “Phase 1” and “Phase 2” are moderate (about 13–14%), but in “Phase 3” a sharp increase in variability is recorded (V over 80%). It indicates that during the shot, shooters significantly change the shoulder configuration and position due to the different length and



direction of release. The data shows that the shoulder girdle is generally most stable in “Phase 2,” when the draw-up occurs under the clicker. The most consistent indicators are in “total shoulder flexion,” while partial flexions and more dynamic shoulder movements during the shot are much more variable.

The indicators of “left and right shoulder abduction” (LT/RT Shoulder Abduction) demonstrate relatively low variability in all phases, especially for the left shoulder. The coefficient of variation (V%) ranges from 6–12%, indicating a stable vertical position of the shoulder girdle. The average values ( $\bar{X}$ ) between phases are close, with a slight increase in “Phase 2” when maximum stabilization occurs.

An extremely high coefficient of variation (V%) in all phases is observed for “left shoulder rotation – out” (LT Shoulder Rotation – out), especially in “Phase 3”, where V% exceeds 1000%. This indicates huge individual differences in the way of positioning of athletes’ shoulder blade and shoulder joint during the shot. However, the average values ( $\bar{X}$ ) remain in the same range, which means that there is a common indicative configuration and construction, but with very different execution options.

High variability is also observed in the “right shoulder rotation – out” (RT Shoulder Rotation – out), especially in the transition from “Phase 2” to “Phase 3”, when the average value ( $\bar{X}$ ) changes its sign (from negative to positive values), and V% remains high. It indicates that the shoulder of some athletes goes into compensatory rotation during the shot, while for other shooters the change during the shot remains within very small limits.

The results show that abduction movements are stable and well-controlled, while rotational movements remain highly individualized and unstable, especially of the left shoulder and in the third phase.

The relatively high variability is observed in all phases and in the three indicators: “head course”, “head pitch” and “head roll”. The average value ( $\bar{X}$ ) for “head course” is negative in all phases, reflecting a constant direction of inclination, and V% has absolute values between 20% and over 80%, especially in “Phase 2” and “Phase 3”.

With “head pitch” and “head roll”, V% is within very high limits (often over 90 and over 120%), which indicates that the control on fine head movements is limited and highly individual. They are influenced by both anthropometric indicators and the bow strength and position in the specific phase.

In summary, it can be said that the head is not a stabilizing factor in any of the phases. It rather follows the general line of aiming, but with large individual differences and without a strictly fixed kinematic scheme.

Some of the most variable indicators in the entire study are “left forearm in/out movement” (LT Forearm course) and “left forearm forward/backward inclination” (LT Forearm pitch). The coefficients of variation V% reach values from over 150% to over 400% in the individual phases, and for “left forearm in/out movement” (LT Forearm course) in “Phase 2” and “Phase 3” the variability is extremely high (over 800-1000%). The data show that the position and movement of the forearm, holding the bow, are highly unstable with large individual differences.

The “left forearm rotation (LT Forearm roll)” is relatively more stable than the previous two indicators from the same group, but nevertheless V% remains high – about 65-70% in all phases. It shows that the “forearm rotation” during the grip and support of bow is also not strictly standardized.

The analysis of results gives a reason to believe that the “left forearm” is one of the weakest coordination-stable links. The huge variability indicates different styles of grip, pressure and control on the bow handle, which might be the reason for hit dispersion.

The spatial orientation of the bow includes “bow course forward/backward”, “bow pitch left/right” and “bow rotation around the vertical axis” (Bow roll), all three indicators being characterized by very high variability during all phases.

The spatial orientation of bow includes “bow course”, “bow pitch” and “bow roll”, all three indicators being characterized by very high variability during all phases.

The data accumulated during the study have shown that the coefficient of variation V% with “bow course” has average values of around 290–320%, with “bow pitch” around 165–220% and with “bow roll” around 260–330%. It shows that the bow as part of “archer-bow” system performs complex spatial movements that are highly dependent on the forearm work, wrist and shot. Although the average values are close in range in the three phases, the dispersion for all indicators is large, which emphasizes on the dynamic and difficult to control nature of bow orientation in the three planes.

The results of the bow orientation towards the three planes show that the average values ( $\bar{X}$ ) at the “left angle” X (LT Angle X) have increased from 43.38 degrees (F-1) to 46.93 degrees (F-2) and 54.19 degrees (F-3), and V% has decreased from 36.88%, through 31.85% to 23.50%, i.e. stabilization and automation of the bow lateral orientation during the shot is obtained.

The average values ( $\bar{X}$ ) at the “left angle Y” (LT Angle Y) are 72.85 degrees, 76.00 degrees and 72.25 degrees for “Phase 1”, 2 and 3, the lowest variability being reported in “Phase 2” (V = 10.91%) The results have confirmed that the bow vertical alignment is most stable at the moment of drawing under the clicker.

The average values ( $\bar{X}$ ) at “Angle Z” are negative and close to each other in all phases (around minus 23 degrees), and the coefficient of variation V% remains high being of 55.20%, 57.92% and 61.32% (F-1, F-2 and F-3). These data show that rotation around the vertical axis is the most unstable indicator, with the greatest variability and low repeatability during the shot.

### **The comparison of the three phases in all kinematic indicators has shown a clearly expressed functional differentiation of the individual shot stages:**

1. “Phase 1” (anchor) is characterized by the highest overall variability. The structure of movement has not been fully stabilized yet, especially with respect to the forearm, shoulder rotation, head position and bow orientation. This phase can be defined as preparatory and building the structure where “archer-bow” system is arranged, but has not reached optimal stability.

2. “Phase 2” (draw under the clicker) demonstrates the highest stability and repeatability of the key structural indicators: “total shoulder flexion”, “shoulder abduction” and “left angle Y” (LT Angle Y). The lowest V% values are observed for bow vertical alignment, which proves that this phase is of maximum technical precision and the closest connection with sports performance.

3. “Phase 3” (shot) combines both high automation and high dynamics. On the one hand, the indicators: “right elbow flexion” (RT Elbow Flexion); “left shoulder total flexion” (LT Shoulder Total Flexion); “right shoulder total flexion” (RT Shoulder Total Flexion); “Left angle X” (LT Angle X) and “left angle Y” (LT Angle Y) show minimal variability and high repeatability, which is an indicator of good automated movement. On the other hand, the indicators of the forearm, bow orientation and angle Z reveal great dynamism and individual variability, associated with a specific style of shooting in individual athletes. The interrelationship of the groups of indicators shows that

the main factor stability is provided by the shoulder girdle and the bow vertical alignment, while the forearm, rotational components and spatial vertical orientation of bow have rather the nature of individual and dynamic correction mechanisms.

**In summary, it is believed that technical preparation in archery is based on:**

- ↳ a stable and homogeneous structure of the shoulder girdle and vertical axis in “Phase 2”;
- ↳ an automated and repetitive pattern of frontal movement in “Phase 3”;
- ↳ controlling and limiting the excessive variability in forearm, bow orientation and rotational components.

The data of these results can serve as a basis to optimize the models of technique as well as for planning training tools aimed at stabilizing the most variable shot parts and phases.

### **3.2.5. Analysis of relationship of the three shot phases and the six-shot sports point result**

The study on kinematic structure of the three shot phases (F-1, F-2, F-3) acquires its scientific and practical value when it is linked to a real sports result.

This study has used the results of six consecutive shots having considered the average point value (from 6 to 10 points) or hits outside the target (0 points).

These indicators are used as objective criteria to assess the technique effectiveness and the influence of kinematic features on the result of study. The results of average point values for each shot are presented in **Table 6**.

Table 6. Average point result for 6 shots

**Table 6.** *Average point score for 6 shots*

<i>Shot order</i>	<i>Total average point score</i>	<i>Total number of hits outside the target (0 points)</i>
1st shot	8,3	0
2nd shot	7,5	1
3rd shot	8,5	1
4th shot	8,0	2
5th shot	7,7	2
6th shot	7,6	2

The data in the table shows that the highest score has been recorded in the 3rd shot (8.5 points), and the lowest was recorded in the 2nd, 5th and 6th shots. The number of hits outside the scoring sector has been increasing, as only the first shots have no hits outside the target. A gradual distraction is clearly observed after the 3rd shot, which could be related to the high dynamics during the shot, increasing fatigue, which leads to a change in fine coordination, increased variability in the bow

orientation and insufficient and untimely sight correction. "Phase 1" has an indirect impact on the sports result. However, the unstable configuration at this stage creates prerequisites to make mistakes in "Phase 2" where precision is of paramount importance.

The highest results of the 1st (8.3) and 3rd (8.50) shots has been achieved precisely with the best repeatability of configurations in "Phase 2", which has the greatest impact on accuracy. The high repeatability of key indicators is directly related to good point hits. The shots with a lower result (especially the 2nd, 5th and 6th) can be associated with a decrease in vertical stability, an increase in variability in the shoulder girdle, changes in forearm stabilization and the presence of a change in the fixed position during drawing under the clicker.

What is striking in the analysis is that "Phase 3" is distinguished by the greatest dynamics and the greatest variability in rotational indicators, forearm movements and the bow position related to X, Y, Z planes. All indicators with a high coefficient of variation (V%) in "Phase 3" are potential sources of errors in the shot.

The rotation around the vertical axis has a strong influence leading to dispersion of hits in the horizontal direction. The indicator of bow unstable rotation can cause both small lateral deviations and hits outside out of the point sector. Additionally, the grip instability affects the accuracy of shots at the end of series. Two passes outside the target have been recorded in the 4th, 5th and 6th shots. It is probably due to increased variability in "Phase 3", fatigue of the supporting arm, a different direction during the bow release and a lack of adequate correction by the shooter.

**Finally, the following conclusion can be drawn:**

The technical preparation to achieve high sports results depends mainly on stability in "Phase 2" and management and control on dynamic variability in "Phase 3". To achieve a high sports result, it is necessary to have a well-prepared and stable shoulder girdle, minimal variability in the vertical axis when aiming, control on rotational movements when shooting as well as an optimal combination of stability, automation and individual technical features.

In this regard, an exemplary set of exercises for increasing the technical preparation and sports performance in archery competitors is developed in **Appendix No. 5**.

**3.3. Regulation basis for assessing the movement volume in the joints of archery competitors. Optimization model.**

As it is known, the control of the motor apparatus in shooting is characterized by some significant individual features. Also, the improvement of sports and technical mastery depends on to a very high degree on the adequate assessment of overall motor action spatial structure. The shooting effectiveness depends to a very high degree on the accurate assessment of the competitor's position and the bow orientation.

The implementation of constant control on the parameters that determine the correct starting position of both the archer and the bow allows the motor habits stabilization and achievement of high sports results.

The assessment of movement volume in the joints of the competitors the volume is an important element of control as well as the bow positioning at the moment of arrow's take off. The experimental study conducted for the purpose of this dissertation makes possible to establish the

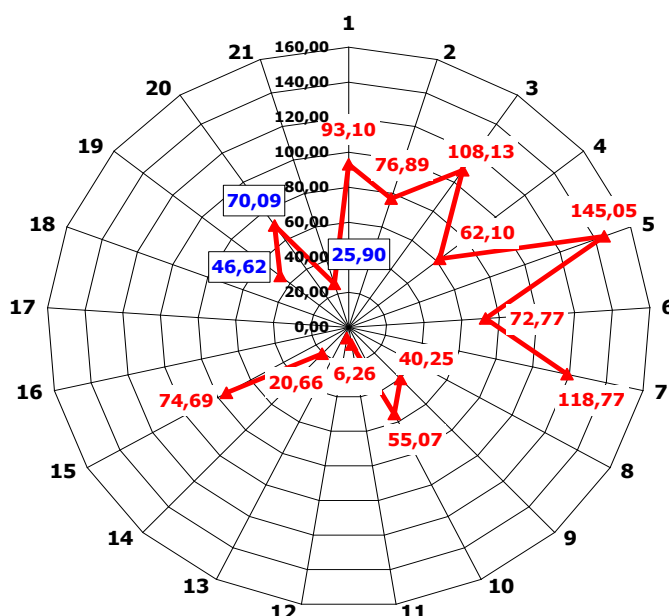
average levels of indicators determining these features and based on that to develop normative assessment tables.

Being a main method of assessment, the so-called sigma method was applied, and the measured values were transformed into sigma scores T.

The normative base was developed in a 50-point system, which allows consideration and evaluation of smaller differences in the level of the given indicators (**Table 7**).

Due to the large deviation from the normal distribution, the norms for indicators 8 and 13 are not presented, respectively "RT abduction in the shoulder" and "movement of the forearm inward/outward". We hope that they will be developed after additional studies are conducted.

For the needs of optimization, **Figure 54** presents an average statistical model of the competitor's position and the bow orientation, which can be successfully applied in the process of competitors' improvement.

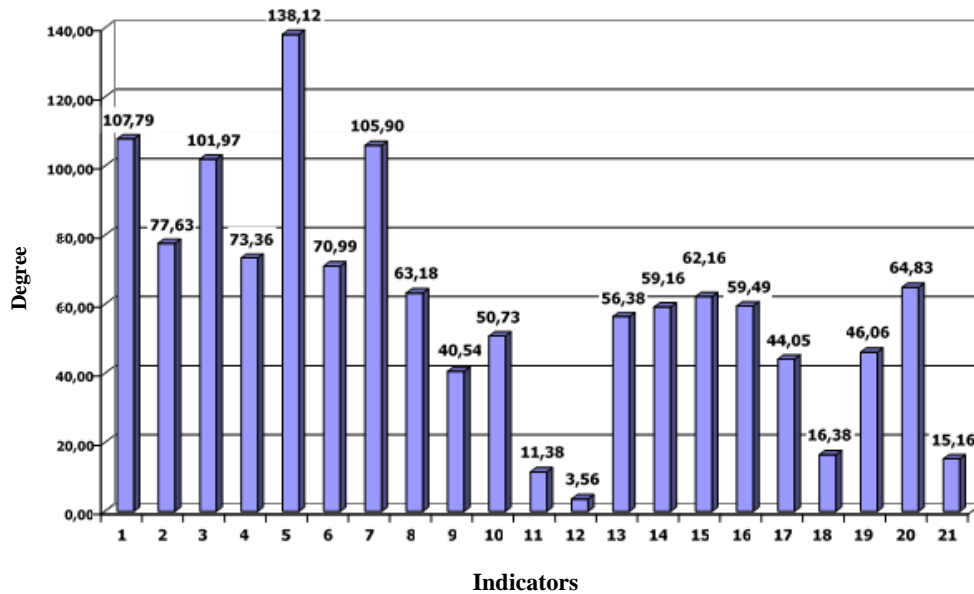


**Figure 54.** Optimization model of the main features of the bow position and orientation

As an example, the results of one of the participants in the study are presented below – S. D. As it has become clear from the *Methodology* of the study, each athlete included in the study performed 6 bow shots, which means 6 units of observation for an athlete.

The analysis of the individual model of S. D. presented in **Figure 55** shows that the starting position of this athlete is characterized by the largest positioning angles, respectively of:

- ↪ the shoulder of holding arm in flexion – indicator 5 (138.12°);
- ↪ the elbow joint of holding arm in flexion – indicator 1 (107.79°);
- ↪ the shoulder of holding arm in abduction - indicator 7 (105.90°);



**Figure 55.** Optimization model of the position main features and bow orientation– S. D.

↪ total flexion in the shoulder of holding hand - indicator 3 (101.97°).

The smallest deviation is observed in relation to:

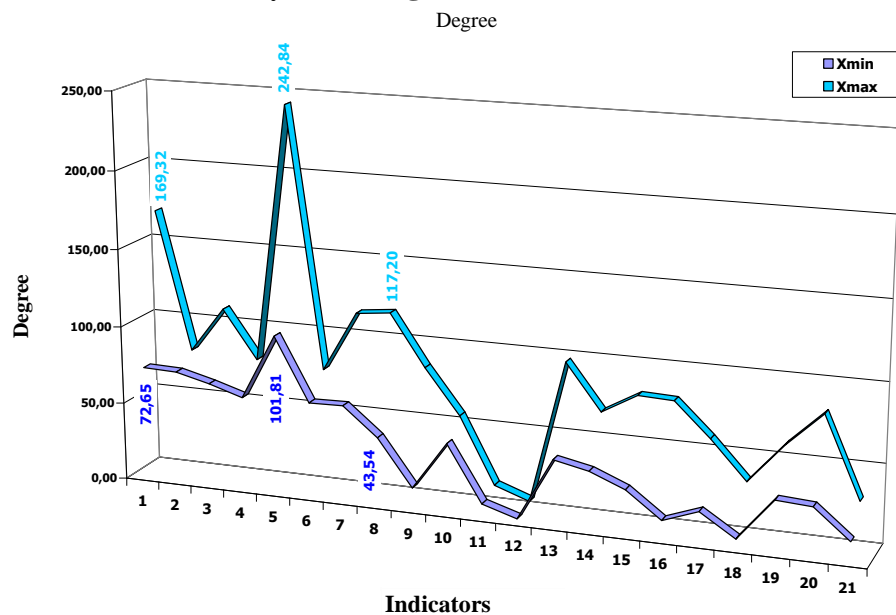
↪ head rotation - indicator 12 (3.56°);

↪ head tilt in the front-back direction - indicator 11 (11.38°);

↪ Z angle - indicator 21 (15.16°) and

↪ rotation of the bow vertical axis - indicator 18 (16.38°).

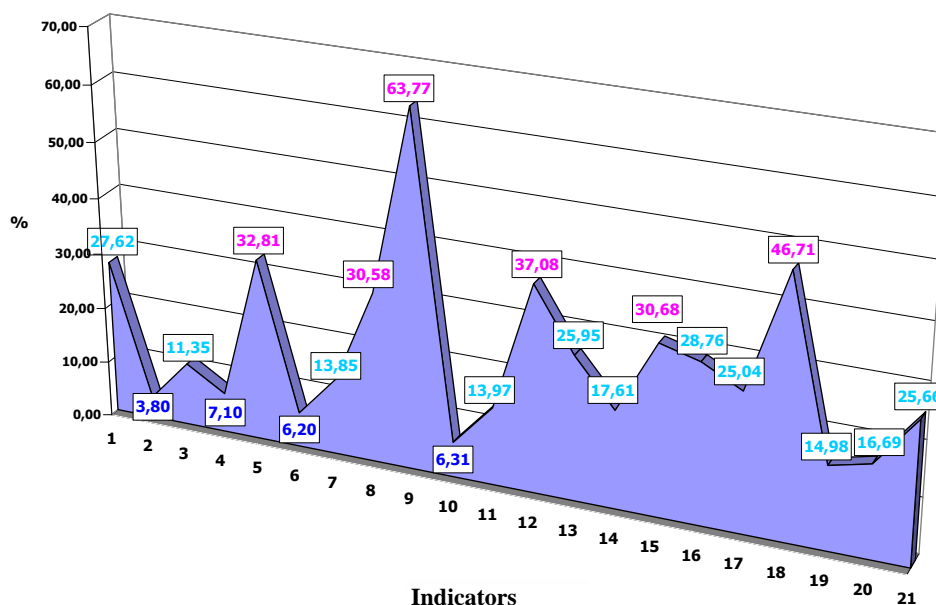
The analysis makes it noticeable that for some of the indicators the demonstrated lowest (min) and highest (max) values are relatively close (**Figure 56**).



**Figure 56.** Limit values of the main features of bow posture and orientation – S. D.

However, there are also such cases where the differences in individual shooting attempts are quite large. For example, in one of examinations, the angle of flexion in the shoulder of supporting arm in S.D. (indicator 5) was  $242.84^\circ$ , and in another – only  $101.81^\circ$ , which means a difference of  $141.03^\circ$ . In addition, the difference between the size of angles in his different attempts was  $96.67^\circ$  in flexion in the elbow joint of the supporting arm (indicator 1) and  $73.66^\circ$  in abduction in the shoulder of drawing arm (indicator 8).





Quite naturally, all that affects the stability of observed indicators, the evidence of that being the values of variation coefficients V (**Figure 57**).









**Figure 57.** Assessment of stability of the main features of bow position and orientation – S. D.

As it can be seen from the figure, this competitor has shown stability in terms of:

For the majority of the remaining indicators, relative stability is observed – the coefficient of variation V is in the range between 10 and 30%.

-  flexion in the elbow joint of e supporting arm (indicator 2 –  $V_2 = 3.80\%$ );
-  flexion in the shoulder of drawing arm (indicator 6 –  $V_6 = 6.20\%$ );
-  rotation in the shoulder (out) of drawing arm (indicator 10 –  $V_{10} = 6.31\%$ ) and
-  total flexion in the shoulder of drawing arm (indicator 4 –  $V_4 = 7.10\%$ ).

However, the analysis of **Figure 57** shows that 6 of indicators V take values that are higher than 30%. This means that S.D. has fluctuations in maintaining the starting position in relation to:

-  rotation (out) in the shoulder of supporting arm (index 9 –  $V_9 = 63.77\%$ );
-  rotation of the bow vertical axis (index 18 –  $V_{18} = 46.71\%$ );
-  rotation of the head (index 12 –  $V_{12} = 37.08\%$ );
-  flexion in the shoulder of supporting arm (index 5 –  $V_5 = 32.81\%$ );
-  rotation of the forearm (index 15 –  $V_{15} = 30.68\%$ ) and
-  abduction in the shoulder of drawing arm (index 8 –  $V_8 = 30.58\%$ ).

Without a doubt, all this affects the accuracy of hitting the arrow on the target, so the average number of hits of this competitor was 6.00, and the average number of points received was 8.33.

It is considered that future efforts intended to stabilize the above-mentioned angles when positioning for shooting will allow S. D. to achieve a new, higher level of efficiency and, of course, higher sports results.

The results of each archery competitor can be analysed in a similar way, and on that basis to determine directions to optimizing his future training process.

The presented study has confirmed that the efficiency and sports performance in archery are directly dependent on the stability and repeatability of spatial structure of the motor action, as well as on the precise positioning of the body and bow orientation in the different phases of shot. The control of the motor apparatus in shooting is characterized by significant individual features that necessitates the use of objective methods for technique measuring, evaluation and optimization.

The conducted experimental study makes possible to establish average values and ranges of variation of the main angular indicators characterizing the volume of movement in joints and the bow orientation. On this basis, a normative base for assessment has been developed, built by applying the sigma method and transforming the measured values into sigma scores T within a 50-point system. This approach creates a possibility for objective comparison between both individual competitors and between different indicators of the same individual, thus supporting the functioning of “Optimization” subsystem in the training process.

The constructed average optimization model of bow posture and orientation is a practical tool for the technique control and correction. The analysis of competitor S. D.’s individual model has shown that even with relatively high average values of individual angles, significant differences between the minimum and maximum values can be observed, which leads to increased values of the coefficient of variation for some indicators. It is an indicator of instability in maintaining the initial position, which has a negative impact on the shooting accuracy and consistency.

The obtained results clearly show that high values of the coefficient of variation in indicators related to rotation in the shoulder joints, head position, bow orientation and forearm movement are directly related to technique fluctuations and lower sports performance. That confirms the need of targeted work to stabilize critical angular parameters, especially in the starting position and in the phases requiring maximum control. In this context, the developed normative tables have significant practical importance, as they allow early diagnosis of deviations, individualization of the training process and targeted correction of technical deficiencies. They provide a reliable basis for building personalized optimization models tailored to the individual motor characteristics of the athletes.

In this context, the developed normative tables have significant practical importance allowing early diagnosis of deviations, individualization of the training process and targeted correction the technical deficiencies. They provide a reliable basis to build personalized optimization models tailored to the individual motor features of competitors.

The development of a normative base and optimization models of technical preparation of archery competitors is a key final stage of research in this dissertation. It can provide a transition from a qualitative-descriptive analysis of the technique to an objective, quantitatively measurable and methodologically applicable system for assessment and management of the training process.

**In conclusion, it can be summarized** that the objective biomechanical analysis of posture and bow orientation, combined with development of a normative base for assessing the volume of movement in joints, is an effective tool for increasing the technical preparation and sports performance in archery. The results obtained and the models derived have created prerequisites for



more effective control, optimization and long-term improvement of shooting techniques, both at individual and group level.

## **CHAPTER FOUR**

### **CONCLUSIONS, RECOMMENDATIONS AND CONTRIBUTIONS**

---

The analyses and summaries make possible to formulate the following conclusions and recommendations:

#### **4.1. Conclusions**

1. The technical preparation in archery is a leading factor in sports performance and is decisive for the stability of the movement execution in all phases of the shot.
2. The analysis of average levels and variability of the studied indicators has shown that highly qualified athletes are distinguished by lower variability of movements and better coordination between individual body parts compared to that of athletes with lower qualifications.
3. It has been established that the greatest deviations in technical performance are observed in the phases of "creating tension" and "shooting", which defines them as influencing strongly on the achievement of a high sports result.
4. It has been clarified that the angular parameters in the joints of upper limbs and shoulder girdle have a significant impact on the "archer-bow" system stability.
5. The use of inertial measurement systems makes possible the objective, quantitative and phase-oriented assessment of shooting technique to improve the control and optimization of archery competitors' technical training.
6. The sports performance in archery is a function of interaction of physical fitness, technical stability and psychological control where the unification and management of external and internal factors is of essential importance for realization of the archer's technical potential.
7. It is for the first time in Bulgaria that a regulatory framework for the control and optimization of archery competitors' technical training has been developed.

#### **4.2. Recommendations**

1. In the training process of archery competitors, it has to implement regular objective assessment of technique using modern measuring systems. The developed regulatory framework should be proposed to the Bulgarian Archery Federation for use in practice.
2. The control on technical preparation should be carried out in phases, paying special attention to phases characterised with the greatest variability of movements and applying an individualized approach to technique correction complied with the anatomical and functional features of competitors.
3. In training adolescent and young competitors, it should be emphasised on building a stable posture and proper motor coordination. The sample set of exercises should be offered to coaches to optimise technical preparation.
4. The developed optimization models should be used in planning and evaluating the training equipment effectiveness.

### **4.3. Contributions**

1. It is for the first time in Bulgarian sports-and-scientific practice, that a normative base to assess the technical preparation of archery competitors has been developed, based on objective biomechanical indicators.
2. The created phase-structured model for analysing the shooting technique is applicable both in research and training practice. The scientific knowledge about the relationship between the kinematic parameters of movements and the “archer-bow” system stability has been expanded, and the connection between stability and grouping of hits has been proven.
3. An optimization model of technical preparation has been developed, taking into account the individual motor features of the competitors, and the role of variability of movements as a reliable indicator of technical mastery and sports performance has been proven.

### **Sources**

#### **Publications on the topic of the dissertation**

1. **Ivanov, I.** (2025). Study on the stability and positioning of the shoulders on the points and accuracy in archery. *Trakia Journal of Sciences*, 23 (Suppl. 2), 192–197.  
<https://doi.org/10.15547/tjs.2025.s.02.032>
2. **Ivanov, I.** (2025). Study on the factors of technical preparation and sports performance of archery competitors. *Sport and Science*, issue 3, 4/2025.