

РЕЦЕНЗИЯ

от

доц. д-р Милена Георгиева Николова, доктор

Национална спортна академия „Васил Левски”, Катедра „Физиология и биохимия”

на дисертационния труд на Мария Альошева Ганева на тема:

„Адаптационни промени в силовия профил на екстензори и флексори на колянна става при футболисти“

за присъждане на образователна и научна степен „ДОКТОР”

по професионално направление 4.3 Биологически науки

с научна специалност „Физиология на животните и човека”

Научни ръководители:

проф. д-р Невена Стоянова Пенчева

доц. д-р Катерина Илионова Стамболиева

Обща характеристика на дисертационния труд: Представеният дисертационен труд от Мария Альошева Ганева цели да изследва промените, които водят до асиметрия в мускулите на коляното на ритация и опорния крак, наблюдавани при професионални футболисти чрез изокинетична динамометрия. Възникналите адаптационни промени в силовия профил могат да представляват потенциални дисбаланс и рисков фактор за травми на долните крайници. Това може да доведе до нарушаване на тренировъчния режим, спиране на спортна дейност за известен период от време или окончателно, може да доведе до негативно спортните постижения. Разгледаният проблем от докторантката е актуален и значим. Всичко това е изключително важно за професионалния спортист и представеният дисертационен труд ще допринесе много за работата на треньори, футболисти, спортни педагози и анализатори, спортни лекари, рехабилитатори и кинезитерапевти.

Методологията е базирана на изокинетичната динамометрия, която позволява измерването на мускулната сила при различни условия - изометричен, концентричен и ексцентричен режим. Независимо от натрупания огромен опит в областта на адаптацията на организма към физически натоварвания и ролята на специфичните за всеки спорт тренировъчни техники и режими все още има какво да се допринесе към усъвършенстването на работата на спортните специалисти за подпомагане на възстановяването и постигане на по-високи спортни постижения. Правилното планиране и контролиране на тренировката е от ключово значение за всеки един спорт. Професионалното използване на анализите от изокинетичната динамометрия ще допринесе за оптимизиране на тренировъчния процес, намаляване на травматизма и за подобряване на спортните резултати. Това определя актуалността и значимостта на дисертацията.

Дисертационният труд е представен на 187 страници, структуриран е по определените изисквания - често използвани съкращения, въведение, литературен обзор, хипотеза, цел и

задачи, методи, резултати и обсъждане, заключение, изводи и приноси, библиография и приложения. Добре е онагледен с 37 фигури и 9 таблици.

Глава първа „**Литературен обзор**” обхваща 56 страници. Считам, че той е актуален, което се допълва и от факта, че почти $\frac{2}{3}$ от цитираната литература (284 заглавия - 14 от български автори и 270 - на латиница) са публикувани през последните 20 години, а около $\frac{1}{3}$ - през последните 5 год. Той включва съвременните познания по проблема и показва отличната осведоменост на докторантката по тематиката.

Добре структурирано и логично са представени фундаменталните принципи, които стоят в основата на изследването на мускулната сила. Авторът успешно свързва основните физиологични механизми на мускулното съкращение с биомеханичните аспекти на движението, включително зависимостта сила-дължина и сила-скорост. Типовете мускулни съкращения са разгледани детайлно от физиологичен, биохимичен и биомеханичен аспект.

Подробно и много компетентно са разгледани физиологичните процеси при генерирането на мускулна сила и типовете мускулни влакна, както и техният метаболизъм. Разгледани са аспектите на спортната физиология и тренировка по отношение на развитието и адаптацията на различните мускулни влакна към физическо натоварване.

Основният акцент на текста е поставен върху важността на междудисциплинарния подход (физиология и биомеханика) за коректното тълкуване на данните от динамометрията. Особено важно е подчертаването на специфичността на футбола като спорт, който изисква не само сила, но и баланс между мускулните групи (флексори и екстензори) за постигане на високи резултати и намаляване на риска от травми. Задълбоченото разбиране на тези базови принципи е критично за добрата спортна практика.

Вторият раздел е озаглавен „**Хипотеза, цел и задачи на изследването**” и обхваща 2 страници. Поставената хипотеза на настоящото изследване гласи: „Асиметричните натоварвания при професионални футболисти с продължителен тренировъчен стаж, водят до специфични за двата крака адаптационни изменения в силовите характеристики на екстензорите и флексорите на колянната става.”

Целта е: „Да се проучи силовия профил на ритащ и опорен крак на колянна става, за оценка на адаптационни промени при професионални футболисти, чрез провеждане на широкообхватно изследване с изокинетична динамометрия на екстензори и флексори на коляно, при: различни режими на натоварване, генериране на въртящ момент-ъгъл и въртящ момент-скорост зависимости, и изчисляване на коефициенти на унилатерална и билатерална силова асиметрия.“.

Правилно са формулирани шест задачи, които, отговарят на целта.

В трета глава са представени „**Методи**” и обхваща 11 страници. Подробно са описани дизайна и протокола на изследването. Всички експерименти са проведени в Центъра за функционални изследвания в спорта и кинезитерапията към ЮЗУ „Неофит Рилски” и включва 32 участници: 20 професионални футболисти и 12 нетренирани лица. Експериментите са одобрени от Комисията по етика на университета.

Изследването е разделено в три последователни дни, като в първия ден са направени антропометрични измервания. За оценка на силата на екстензорите и флексорите на

колянната става е използвана изокинетична динамометрия с уред Biodex System 4 Pro. Приложени са три протокола за мускулни съкращения: изометричен, концентричен и ексцентричен, които са подробно описани в приложенията на дисертацията.

1. Биомеханичен и статистически анализ

За да се моделират зависимостите между въртящия момент, ъгъла на ставата и скоростта на движение, са използвани различни статистически модели като полиноми и Болцманова сигмоида. Това позволява прецизен анализ на мускулната функция.

Използвани са както параметрични (One-way ANOVA), така и непараметрични (Mann-Whitney и Kruskal-Wallis) тестове за сравнение на средните стойности между групите. За да се оцени връзката между изометричния пиков въртящ момент и антропометричните показатели, е приложен корелационен анализ на Pearson.

2. Оценка на асиметрията: Разработени са и са използвани четири специфични коефициента за оценка на асиметрията на силата:

- a. Билатерална асиметрия (сравнение между левия и десния крак);
- b. Унилатерална асиметрия (сравнение между флексори и екстензори на един и същи крак);
- c. Функционален коефициент за динамичен контрол.

Тази комплексна методология осигурява задълбочено и прецизно изследване на биомеханичните характеристики на мускулатурата на колянната става при спортисти и нетренирани лица.

„Резултатите” са представени в четвърта глава на 34 страници от дисертацията. Те са добре онагледени чрез 26 фигури и 6 таблици.

Изследването сравнява антропометричните показатели, изометричната и динамична мускулна сила, билатералната и унилатералната асиметрия при професионални футболисти и нетренирани лица.

Представените резултати могат да бъдат обобщени по следния начин:

1. Антропометрия и силови профили

Футболистите имат достоверно по-ниска мастна маса и по-висока обща мускулна маса в сравнение с нетренираните лица.

a. Изометричен силов профил:

- Въртящ момент: При футболистите няма съществени разлики в абсолютния въртящ момент между работния и опорния крак, както и спрямо нетренираните. Максималният въртящ момент за екстензорите е при ъгли от 80-90°, а за флексорите – при 20°;

- Нормализиран въртящ момент: Анализът на относителната сила показва значителни разлики между двете изследвани групи и между опорния и работния крак на футболистите;

- Връзка с телесната маса: При футболистите се наблюдават умерени до високи корелации между въртящия момент и теглото, мастната и мускулната маса, докато при нетренираните тази зависимост е слаба или липсва.

b. Динамичен силов профил:

- Концентрични съкращения: Нормализираният въртящ момент при футболистите е достоверно по-висок при ниски до умерени скорости (60-180°/s), особено при флексорите на работния крак;

- Ексцентрични съкращения: Футболистите показват по-висока относителна сила от нетренираните лица, особено при флексорите на работния крак;

- Време за достигане на пиков въртящ момент (TRT): Няма значими разлики между групите. Времето за ускорение при екстензорите на опорния крак на футболистите е значително по-кратко при ниски скорости.

2. Билатерална и унилатерална асиметрия

a. Билатерална асиметрия

Изследването дефинира три типа нетренирани лица (I, II, III) и три типа футболисти (A, B, C) въз основа на силовата асиметрия на коленните екстензори. Футболистите демонстрират специфични профили на асиметрия в резултат на тренировъчните натоварвания:

- **Тип А (35% от футболистите):** Ниска асиметрия (<10%) във всички режими на съкращения, което показва балансирана сила;
- **Тип В (30% от футболистите):** По-силен работен крак, особено при ексцентрични съкращения с високи скорости;
- **Тип С (35% от футболистите):** По-силен опорен крак, особено при изометрични съкращения.

При флексорите се разграничават два типа нетренирани лица и два типа футболисти. Футболистите имат значително по-висока билатерална асиметрия.

- **Тип а (45% от футболистите):** Умерена асиметрия при изометрични съкращения, но по-висока при динамични, където работният крак е по-силен;
- **Тип б (55% от футболистите):** Висока асиметрия (17-25%) във всички режими, като работният крак е значително по-силен.

b. Унилатерална асиметрия

- Силов баланс: Въпреки липсата на статистически разлики в средните стойности, по-голям процент от футболистите имат унилатерална асиметрия в границите на нормата;
- Функционален коефициент: При футболистите този коефициент е достоверно по-висок за работния крак при умерени и високи скорости, което показва по-добър контрол и баланс между мускулните групи.

Системните тренировки във футбола водят до специфични силови адаптации, които се различават от тези при нетренирани хора. Тези адаптации включват промени в мускулната сила, билатералната и унилатералната асиметрия, което може да се използва за оптимизиране на тренировъчния процес.

Типизирането на футболистите и нетренираните лица по отношение на екстензорите и флексорите е изключително ценен резултат, който ще се ползва успешно в спортната практика.

Разделът „**Обсъждане на получените резултати**” е предствен на 39 страници.

В него Мария Ганева умело анализира адаптационните промени в силовия профил на коленните мускули при професионални футболисти в сравнение с нетренирани лица.

Установено е, че футболистите имат по-висок относителен въртящ момент (Nm/kg) при всички режими на съкращения, което показва адаптация към системни натоварвания. Доказана е функционалната специализация на ритация и опорния крак, като при футболистите оптималната мускулна дължина за максимална сила е изместена към по-удължени позиции. Те проявяват по-висока билатерална асиметрия, особено в ексцентричен режим, което е свързано с повишен риск от травми. В същото време, унилатералният баланс е по-добър при работния крак на футболистите, което показва подобрен динамичен контрол и стабилност на ставата.

Въз основа на индивидуалния силов профил и билатералната асиметрия, участниците са класифицирани в различни типове. Това позволява по-точен анализ на индивидуалните адаптации и е ключов принос за превенцията на травми и оптимизирането на тренировъчния процес.

Получените резултати могат да послужат за създаване на стандартизирани протоколи за тестване и мониторинг на спортисти.

Мария Ганева обсъжда намерените статистически разлики и корелации, съпоставя ги с подобни изследвания и обосновава получените резултати, в случаи на разлика с резултатите на други автори. Тук отново личи много добрата осведоменост на докторантката по темата и умелото боравене с материя, която ѝ е добре позната. Това затвърждава убеждението ми, за добрата професионална и обща научна подготовка на Мария Ганева.

Проведени са голям брой изследвания, извършена е значителна по обем работа за анализ и статистическа обработка на получените резултати. На базата на това са формулирани интересни и с важна практическа насоченост изводи и приноси.

Главата „**Изводи, препоръки и приноси**” обхваща две страници. Направените 5 извода и 3 приноса напълно отговарят на обобщението на резултатите. Дисертационният труд допринася с няколко полезни за практиката препоръки. Типизирани са екстензорите и флексорите при футболисти и нетренирани лица чрез въртящ момент-ъгъл зависимости и

коефициенти за билатерална силова асиметрия. Това типизиране позволява разграничаване на рисковете от травми при двете мускулни групи на колянната става и предоставя детайлна, и конкретна информация за силовите дисбаланси на треньорски и медицински екипи и оптимизиране на тренировъчния процес чрез налагане на утвърдени стандарти в тази област.

Установено е, че спецификата на футболната игра, свързана с високи скорости, внезапни промени в посоката и ускорението, се осигурява от адаптацията на флексорите на ритания крак да генерират достатъчен въртящ момент в ексцентричен режим, който да устои на този на екстензорите в концентричен.

Проведеният анализ охарактеризира силовия профил на екстензорите и флексорите на коляното при професионални футболисти в сравнение с нетренирани лица, служейки като индикатор за адаптационни промени в този спорт. Въз основа на коефициентите за билатерална асиметрия са дефинирани типове футболисти, което позволява прецизна оценка на предразположеността към травми. Освен това, са предложени конкретни ъглови позиции за рутинно определяне на асиметрията, осигурявайки практическо ръководство за превенция и рехабилитация. Това дава оптимизъм за продължаване на изследванията в областта и установяване на специфични стандарти в тази област.

Представени са две публикации във връзка с дисертационния труд в Q3, като в едната Мария Ганева е първи автор, както и едно цитиране. Докторантката е взела участие в 5 научни форума по тематиката.

Авторефератът точно и ясно представя основните аспекти на дисертационния труд и е добре оформен.

Заключение: Дисертационният труд е написан на добър научен език и представлява важно за съвременната спортна наука изследване. Той несъмнено допринася за увеличаване на научно-теоретичните и приложни познания в областта на динамометричното тестване при професионални футболисти. Използваният иновативен подход за изследване на силовите характеристики и установените адаптационни промени при неспецифично физическо натоварване във футбола могат да се използват за планиране, контролиране и оптимизиране на тренировъчния процес. Резултатите предоставят на треньорите и изследователите ценен практически способ за анализ на тестовете на екстензори и флексори на коляното. Типизирането на нетренираните лица и футболисти ще послужи като база за сравнение в бъдещи проучвания.

Това дава статут на дисертационния труд на ценно ръководство, което ще се ползва дълго време като стандарт при тестването на спортистите и неинвазивното проследяване на динамиката и/или адаптацията на спортиста в хода на тренировъчния процес. Получените знания представляват интерес за спортните физиолози, треньори, спортисти и др. спортни специалисти. Темата е актуална, дисертабилна, а получените изводи и приноси са с теоретичен и приложен характер.

Считам, че са изпълнени всичките формални изисквания на Закона за развитие на академичния състав в Република България. На базата на гореизложеното давам убедено положителна оценка на дисертационния труд и предлагам на уважаемите членове на научното жури да гласуват на Мария Альошева Ганева присъждане на образователната и научна степен „ДОКТОР” по професионално направление 4.3 Биологически науки с научна специалност „Физиология на животните и човека”

16.09.2025 г.

Рецензент:

гр. София

/доц. д-р Милена Георгиева Николова, доктор/

REVIEW

by

Assoc. prof. Milena Georgieva Nikolova, MD, Ph.D.

National Sports Academy "Vassil Levski", Department of Physiology and Biochemistry

on the dissertation of Maria Alyosheva Ganeva on the topic:

“Adaptive changes in the strength profile of knee extensors and flexors in football players”

for awarding an educational and scientific degree "DOCTOR"

in the professional field 4.3 Biological Sciences with a scientific specialty in “Animal and Human Physiology”

Scientific advisors: Prof. Nevena Stoyanova Pencheva, PhD

Assoc. prof. Katerina Ilionova Stambolieva, PhD

General characteristics of the dissertation: The presented dissertation by Maria Alyosheva Ganeva aims to investigate the changes leading to muscle asymmetry in the kicking and support legs of professional football players using isokinetic dynamometry. The adaptive changes in the strength profile that arise can represent potential imbalances and a risk factor for lower limb injuries. This can lead to a disruption of the training regimen, a temporary or permanent cessation of sports activity, and can negatively affect athletic performance. The problem examined by the doctoral student is relevant and significant. All of this is extremely important for the professional athlete, and the presented dissertation will contribute greatly to the work of coaches, football players, sports educators and analysts, sports doctors, rehabilitators, and kinesiotherapists.

The methodology is based on isokinetic dynamometry, which allows for the measurement of muscle strength under different conditions: isometric, concentric, and eccentric modes. Despite the vast experience accumulated in the field of the body's adaptation to physical loads and the role of sport-specific training techniques and regimens, there is still much to contribute to improving the work of sports specialists in supporting recovery and achieving higher athletic performance. Proper planning and control of training are of key importance for every sport. The professional use of isokinetic dynamometry analyses will contribute to optimizing the training process, reducing injuries, and improving athletic results. This determines the dissertation's relevance and significance.

The dissertation is presented on 187 pages and is structured according to the specified requirements: frequently used abbreviations, introduction, literature review, hypothesis, aims and objectives, methods, results and discussion, conclusion, findings and contributions, bibliography, and appendices. It is well-illustrated with 37 figures and 9 tables.

Chapter one "**Literature review**" covers 56 pages. I believe it is current, which is further supported by the fact that nearly $\frac{2}{3}$ of the cited literature (284 titles - 14 by Bulgarian authors and 270 in Latin script) has been published in the last 20 years, and about $\frac{1}{3}$ in the last 5 years. It includes modern knowledge on the problem and shows the doctoral student's excellent awareness of the subject.

The fundamental principles underlying the study of muscle strength are well-structured and logically presented. The author successfully links the basic physiological mechanisms of muscle contraction with the biomechanical aspects of movement, including the force-length and force-velocity relationships. The types of muscle contractions are examined in detail from a physiological, biochemical, and biomechanical perspective.

The physiological processes involved in generating muscle force, the types of muscle fibers, and their metabolism are discussed in detail and with great expertise. The aspects of sports physiology and training concerning the development and adaptation of different muscle fibers to physical loads are also reviewed.

The main focus of the text is on the importance of an interdisciplinary approach (physiology and biomechanics) for the correct interpretation of dynamometry data.

It is particularly important to emphasize the specificity of football as a sport that requires not only strength but also a balance between muscle groups (flexors and extensors) to achieve high results and reduce the risk of injury. A thorough understanding of these basic principles is critical for good sports practice.

The second section is titled "**Hypothesis, Aims, and Objectives of the study**" and covers 2 pages. The hypothesis of the present study states: "Asymmetrical loads on professional football players with long-term training experience lead to leg-specific adaptive changes in the strength characteristics of knee joint extensors and flexors."

The aim is: "To study the strength profile of the kicking and support legs of the knee joint to assess adaptive changes in professional football players by conducting a comprehensive study with isokinetic dynamometry on knee extensors and flexors, at: different loading modes, generating torque-angle and torque-velocity dependencies, and calculating coefficients of unilateral and bilateral strength asymmetry."

Six objectives, which correspond to the aim, are correctly formulated.

In chapter three are represented "**Methods**" and covers 11 pages. The study design and protocol are described in detail. All experiments were conducted at the Centre for functional research in sport and kinesiotherapy at the "Neofit Rilski" South-West University and included 32 participants: 20 professional football players and 12 untrained individuals. The experiments were approved by the university's Ethics committee.

The study was divided into three consecutive days, with anthropometric measurements taken on the first day. Isokinetic dynamometry using a Biodex System 4 Pro device was used to assess the strength of the knee joint extensors and flexors. Three protocols for muscle contractions were applied: isometric, concentric, and eccentric, which are described in detail in the dissertation's appendices.

1. Biomechanical and statistical analysis

To model the relationships between torque, joint angle, and movement speed, various statistical models such as polynomials and Boltzmann sigmoid functions were used. This allows for a precise analysis of muscle function.

Both parametric (One-way ANOVA) and non-parametric (Mann-Whitney and Kruskal-Wallis) tests were used to compare the mean values between groups. Pearson's correlation

analysis was applied to assess the relationship between isometric peak torque and anthropometric indicators.

2. Assessment of Asymmetry: Four specific coefficients were developed and used to assess strength asymmetry:

- a. Bilateral asymmetry (comparison between the left and right legs);
- b. Unilateral asymmetry (comparison between flexors and extensors of the same leg);
- c. Functional dynamic control coefficient.

This complex methodology provides for a thorough and precise investigation of the biomechanical characteristics of the knee joint musculature in athletes and untrained individuals.

"Results" are presented in chapter four on 34 pages of the dissertation. They are well-illustrated with 26 figures and 6 tables.

The study compares anthropometric indicators, isometric and dynamic muscle strength, bilateral, and unilateral asymmetry in professional football players and untrained individuals.

The presented results can be summarized as follows:

1. Anthropometry and strength profiles

Football players have significantly lower fat mass and higher total muscle mass compared to untrained individuals.

a. Isometric strength profile:

- Torque: In football players, there are no significant differences in absolute torque between the kicking and support legs, or relative to untrained individuals. The maximum torque for extensors is at angles of 80-90°, and for flexors, at 20°;
- Normalized torque: The analysis of relative strength shows significant differences between the two study groups and between the support and kicking legs of the football players;
- Relationship with body mass: In football players, moderate to high correlations are observed between torque and weight, fat mass, and muscle mass, while this relationship is weak or absent in untrained individuals.

b. Dynamic strength profile:

- Concentric contractions: Normalized torque in football players is significantly higher at low to moderate speeds (60-180°/s), especially in the flexors of the kicking leg;
- Eccentric contractions: Football players show higher relative strength than untrained individuals, especially in the flexors of the kicking leg;
- Time to peak torque (TPT): There are no significant differences between the groups. The acceleration time for the extensors of the support leg in football players is significantly shorter at low speeds.

2. Bilateral and unilateral asymmetry

a. Bilateral asymmetry

The study defines three types of untrained individuals (I, II, III) and three types of football players (A, B, C) based on knee extensor strength asymmetry. Football players demonstrate specific asymmetry profiles as a result of training loads:

- Type A (35% of players): Low asymmetry (<10%) in all contraction modes, indicating balanced strength;
- Type B (30% of players): Stronger kicking leg, especially during eccentric contractions at high speeds;
- Type C (35% of players): Stronger support leg, especially during isometric contractions.

For flexors, two types of untrained individuals and two types of football players are distinguished. Football players have significantly higher bilateral asymmetry.

- Type a (45% of players): Moderate asymmetry during isometric contractions, but higher during dynamic ones, where the kicking leg is stronger;
- Type b (55% of players): High asymmetry (17-25%) in all modes, with the kicking leg being significantly stronger.

b. Unilateral Asymmetry

- Strength balance: Despite the lack of statistical differences in mean values, a larger percentage of football players have unilateral asymmetry within the normal range;
- Functional coefficient: In football players, this coefficient is significantly higher for the kicking leg at moderate and high speeds, indicating better control and balance between muscle groups.

Systematic training in football leads to specific strength adaptations that differ from those in untrained people. These adaptations include changes in muscle strength, bilateral, and unilateral asymmetry, which can be used to optimize the training process.

The classification of football players and untrained individuals concerning extensors and flexors is an extremely valuable result that will be successfully used in sports practice.

The section **"Discussion of the obtained results"** is presented on 39 pages. In it, Maria Ganeva skillfully analyzes the adaptive changes in the strength profile of knee muscles in professional football players compared to untrained individuals.

It was found that football players have a higher relative torque (Nm/kg) in all contraction modes, indicating adaptation to systematic loads. The functional specialization of the kicking and support legs has been proven, as the optimal muscle length for maximum strength is shifted toward more extended positions in football players. They exhibit higher bilateral asymmetry, especially in eccentric mode, which is associated with an increased risk of injury. At the same time, unilateral

balance is better in the kicking leg of football players, indicating improved dynamic control and joint stability.

Based on the individual strength profile and bilateral asymmetry, participants are classified into different types. This allows for a more accurate analysis of individual adaptations and is a key contribution to injury prevention and the optimization of the training process.

The results can be used to create standardized protocols for testing and monitoring athletes.

Maria Ganeva discusses the found statistical differences and correlations, compares them with similar studies, and justifies the obtained results, especially in cases of differences with the results of other authors. This again shows the doctoral student's very good knowledge of the topic and skillful handling of the subject, which is well known to her. This confirms my conviction of Maria Ganeva's good professional and general scientific preparation.

A large number of studies have been conducted, and a significant amount of work has been done on the analysis and statistical processing of the results. Based on this, interesting conclusions and contributions with an important practical focus have been formulated.

The chapter "**Conclusions, recommendations, and contributions**" covers two pages. The 5 conclusions and 3 contributions made fully correspond to the summary of the results. The dissertation contributes several useful recommendations for practice. Extensors and flexors in football players and untrained individuals are typified through torque-angle dependencies and coefficients for bilateral strength asymmetry. This classification allows for the differentiation of injury risks in the two muscle groups of the knee joint and provides detailed and specific information on strength imbalances to coaching and medical teams, as well as for optimizing the training process by imposing established standards in this area.

It has been found that the specificity of football, involving high speeds, sudden changes in direction, and acceleration, is ensured by the adaptation of the kicking leg's flexors to generate sufficient torque in eccentric mode to withstand that of the extensors in concentric mode.

The analysis conducted characterizes the strength profile of the knee extensors and flexors in professional football players compared to untrained individuals, serving as an indicator of adaptive changes in this sport. Based on the coefficients of bilateral asymmetry, types of football players are defined, which allows for a precise assessment of injury predisposition. Furthermore, specific angular positions for the routine determination of asymmetry are proposed, providing a practical guide for prevention and rehabilitation. This gives optimism for the continuation of research in this area and the establishment of specific standards.

Two publications related to the dissertation are presented in Q3, with Maria Ganeva being the first author in one, as well as one citation. The doctoral student has participated in 5 scientific forums on the topic.

The abstract accurately and clearly presents the main aspects of the dissertation and is well-formatted.

Conclusion: The dissertation is written in good scientific language and represents an important study for contemporary sports science. It undoubtedly contributes to increasing the scientific-theoretical and applied knowledge in the field of dynamometric testing in professional

football players. The innovative approach used to study the strength characteristics and the established adaptive changes during non-specific physical loads in football can be used for planning, controlling, and optimizing the training process. The results provide coaches and researchers with a valuable practical tool for analyzing knee extensor and flexor tests. The typification of untrained individuals and football players will serve as a basis for comparison in future studies.

This gives the dissertation the status of a valuable guide that will be used for a long time as a standard for athlete testing and non-invasive monitoring of an athlete's dynamics and/or adaptation during the training process. The knowledge gained is of interest to sports physiologists, coaches, athletes, and other sports specialists. The topic is relevant, suitable for a dissertation, and the conclusions and contributions are of a theoretical and applied nature.

I believe that all formal requirements of the Law on the Development of the Academic Staff in the Republic of Bulgaria have been met. Based on the above, I confidently give a positive evaluation of the dissertation and propose to the esteemed members of the scientific jury to vote to award Maria Alyosheva Ganeva the educational and scientific degree of "DOCTOR" in the professional field 4.3 Biological Sciences with a scientific specialty in "Animal and Human Physiology".

16.09.2025

Reviewer:.....

Sofia

Assoc. prof. Milena Georgieva Nikolova, MD, Ph.D.