

УДК 796.03

DOI: 10.25688/2076-9091.2022.48.4.5

**Ритта Викторвна Тамбовцева<sup>1</sup>,  
Ирина Александровна Никулина<sup>2</sup>**

<sup>1,2</sup> Российский университет спорта «ГЦОЛИФК»,  
Москва, Россия

<sup>1</sup> ritta7@mail.ru

<sup>2</sup> niku.1929@mail.ru

## **ОЦЕНКА БИОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ СТУПЕНЧАТОГО ТЕСТА СПОРТСМЕНАМИ ЦИКЛИЧЕСКИХ ВИДОВ СПОРТА ВЫСОКОЙ КВАЛИФИКАЦИИ**

**Аннотация.** Актуальность представленного научного наблюдения заключается в выявлении биохимических и метаболических изменений и различий во время выполнения предельной нагрузки спортсменами циклических видов спорта высокой квалификации. Оценивали уровень концентрации лактата, глицерина, НЭЖК, адреналина, норадреналина, дофамина, диоксифенилаланина, глюкозы в венозной крови, концентрацию катехоламинов в моче в покое, по окончании выполняемого теста и в восстановительном периоде. Показано, что у представителей циклических видов спорта на примере спортсменов-легкоатлетов и спортсменов-конькобежцев наряду с общими закономерностями адаптационных изменений при выполнении тяжелой физической нагрузки существуют и характерные реакции на предельную работу, связанные с индивидуальными особенностями метаболизма и спецификой тренировочного процесса в избранной специализации.

**Ключевые слова:** биохимические показатели, спортсмены-легкоатлеты, спортсмены-конькобежцы, ступенчатый тест, адаптация

UDC 796.03

DOI: 10.25688/2076-9091.2022.48.4.5

Ritta Viktorovna Tambovtseva<sup>1</sup>,  
Irina Aleksandrovna Nikulina<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Russian University of Sports “GCOLIFK”,  
Moscow, Russia

<sup>1</sup> ritta7@mail.ru

<sup>2</sup> niku.1929@mail.ru

## ASSESSMENT OF BIOCHEMICAL INDICATORS WHEN PERFORMING A STEP TEST ATHLETES OF CYCLIC SPORTS OF HIGH QUALIFICATION

**Abstract.** The relevance of the presented scientific observation lies in the identification of biochemical and metabolic changes and differences during the performance of the maximum load by athletes of highly qualified cyclic sports. The concentration of lactate, glycerol, NEFA, epinephrine, norepinephrine, dopamine, dihydroxyphenylalanine, glucose in venous blood, the concentration of catecholamines in the urine at rest, at the end of the test and during the recovery period were assessed. It is shown that representatives of cyclic sports using the example of track and field athletes and speed skaters along with the general patterns of adaptive changes during heavy physical activity, have characteristic reactions to limiting work associated with individual metabolic characteristics and the specifics of the training process in the selected specializations.

**Keywords:** biochemical indicators, track and field athletes, speed skaters, step test, adaptation

### Введение

**Ф**изическая и спортивная работоспособность — это интегральная характеристика, отражающая сложные взаимосвязи и свойства мышечной ткани с субстратным и энергетическим обеспечением в совокупности с вегетативной, нервной и гуморальной регуляцией при наложении на индивидуальные нервно-психические и мотивационные особенности спортсменов [1]. Нейроэндокринная регуляция мобилизационных процессов во время нагрузки и в период восстановления, пластический обмен, поддержание функции ионных насосов, постоянство внутренней среды организма, контроль метаболических биохимических изменений являются основополагающими и актуальными механизмами, настраивающими организм спортсменов на новые адаптационные ресурсы [2]. Гормональные изменения, происходящие при двигательном стрессе, широкомасштабны. Выделяют первую, быструю стадию подобных изменений, связанную с ростом уровня катехоламинов, вторую, умеренную стадию — со значительной секрецией

тироксина, тиреотропина, альдостерона, вазопрессина, а на третьем уровне отмечают значительное увеличение глюкагона, соматотропина, кальцитонина при снижении концентрации инсулина. Третью стадию обычно обозначают лаг-периодом, наступающим через 15 минут после начала работы [1, 3, 4]. Однако следует учитывать, что метаболическая эффективность может быть достигнута разными путями, куда входят как внешние и внутренние факторы, так и индивидуальные особенности метаболизма. Поэтому в практике спорта особенно значимо изучение биохимических и физиологических особенностей метаболизма спортсменов, а также выявление эффективности выполняемых упражнений разных специализаций [5, 6, 7], на основе которых, с одной стороны, можно выявить мобилизационные взаимосвязи ресурсов обмена веществ и энергии при выполнении заданной работы, а с другой — сформулировать научные, методические подходы и критерии, с помощью которых можно определить уровень адаптации к нагрузкам. С помощью биохимического контроля в данном случае можно правильно оценить и в дальнейшем совершенствовать методы тренировки в разных видах спорта. Поэтому целью настоящего исследования явилось изучение наиболее значимых биохимических изменений при выполнении тестирующей нагрузки у спортсменов-конькобежцев и легкоатлетов.

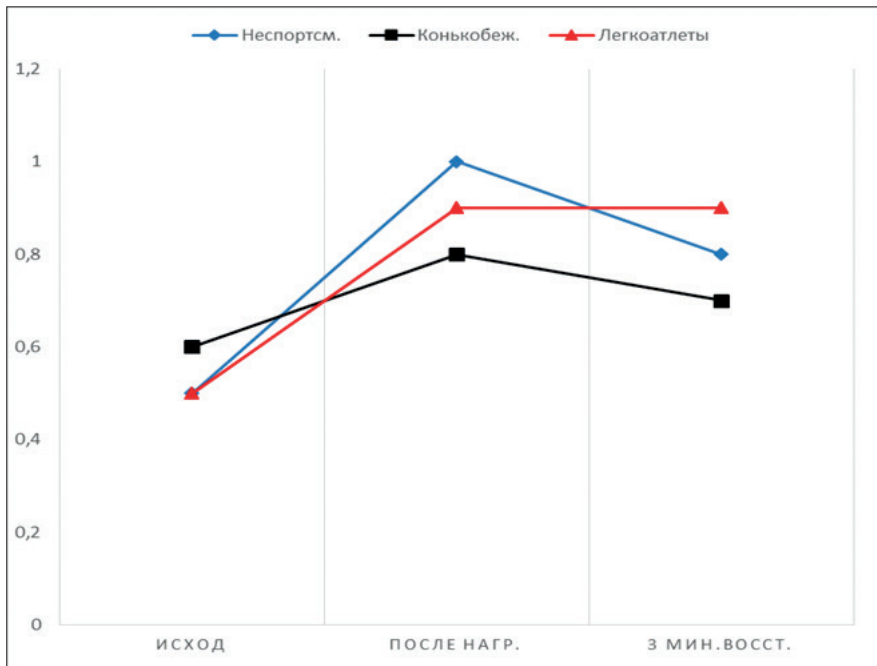
## Методы исследования

Представленная научная работа проводилась на кафедре биохимии и биоэнергетики спорта им. Н. И. Волкова в лаборатории биоэнергетики мышечной деятельности «ГЦОЛИФК». Были обследованы мужчины — спортсмены-легкоатлеты и спортсмены-конькобежцы ( $n = 18$ ) высокой квалификации, специализирующиеся в беге на средние и длинные дистанции, в возрасте от 18 до 25 лет (экспериментальная группа). Контрольную группу составили мужчины такого же возраста, не являющиеся спортсменами, в количестве 9 человек. Все обследованные спортсмены и неспортсмены на момент проведения эксперимента по заключению врача были здоровы и дали согласие на участие в эксперименте. Испытуемые выполняли лабораторное тестирование (тест ступенчато возрастающей нагрузки на велоэргометре Monark 894E (Швеция)) длительностью 15 минут. На первой ступени мощность нагрузки составила 1 Вт/кг. Показатель прироста мощности на каждой ступени равнялся начальной, при длительности ступеней в 3 минуты. Работа выполнялась до отказа. В покое, сразу после завершения теста и в период восстановления (3 и 10 минуты) в венозной крови выявляли уровень глюкозы (Glu (мг/100 мл), инсулина (мкед/мл), неэстерифицированных жирных кислот (НЭЖК (мм/л), глицерина (мг/100 мл), соматотропина (мкед/мл), а в капиллярной крови — уровень лактата (HLA, ммоль/л) с помощью анализатора NOVA Biomedical Lactate Plus (США). Осуществляли сбор мочи в покое и в течение 10 минут

после работы, с помощью анализа определяли уровень катехоламинов (адреналин (нг/мин), норадреналин (нг/мин), дофамин (нг/мин), диоксифенилаланин (нг/мин)). Катехоламины и их предшественники определялись флюорометрическим методом. Результаты научного исследования были подвергнуты статистической обработке (Microsoft Excel 2019).

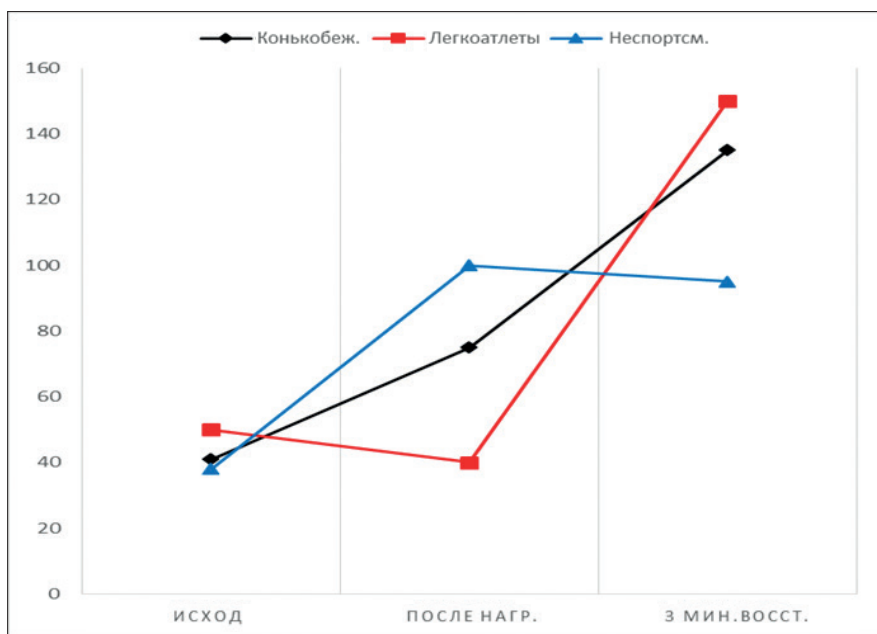
## Результаты исследования

На рисунке 1 представлена динамика уровня НЭЖК в крови у конькобежцев, легкоатлетов и неспортсменов. Показано, что концентрация НЭЖК недостоверно увеличивается от состояния покоя до окончания выполнения теста, а в период восстановления (3-я минута) отмечается снижение данного параметра.



**Рис. 1.** Динамика уровня НЭЖК в крови у конькобежцев, легкоатлетов и контрольной группы при выполнении тестирующей нагрузки (по оси абсцисс — период взятия пробы — в исходе, после выполнения теста, на 3-й минуте восстановления; по оси ординат — НЭЖК (мМ/л))

На рисунке 2 показана динамика концентрации глюкозы в крови у тех же спортсменов и неспортсменов в исходе, после нагрузки и в период восстановления. Отмечена нестандартная ответная реакция организма на физическую нагрузку в экспериментальной и контрольной группах при выявлении данного показателя. После теста ступенчато возрастающей мощности уровень Glu



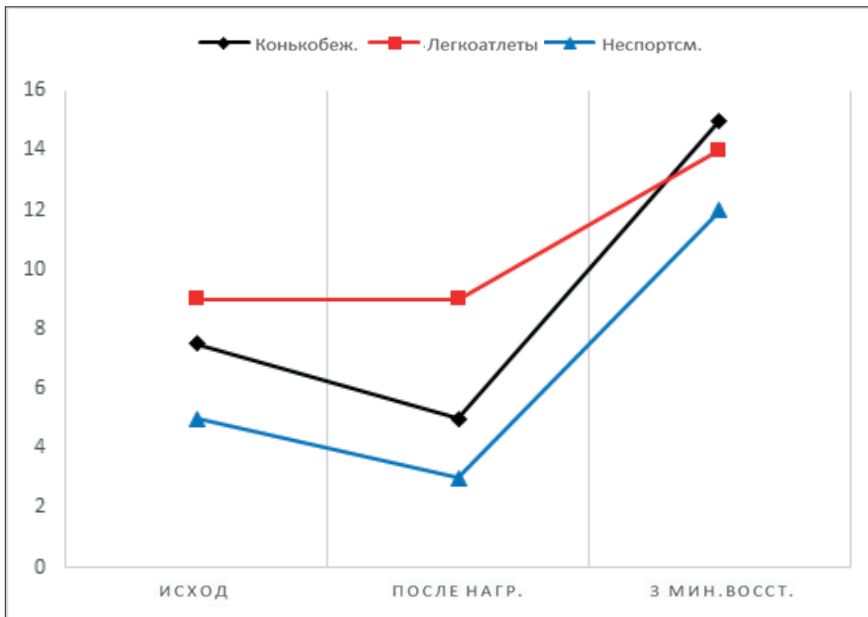
**Рис. 2.** Динамика уровня Glu в крови у конькобежцев, легкоатлетов и контрольной группы при выполнении тестирующей нагрузки (по оси абсцисс — период взятия пробы — в исходе, после выполнения теста, на 3-й минуте восстановления; по оси ординат — глюкоза (мг/100 мл)

в крови достоверно растет у спортсменов-конькобежцев ( $p < 0,05$ ) и неспортсменов ( $p < 0,05$ ). Однако у легкоатлетов этот показатель имеет тенденцию к снижению.

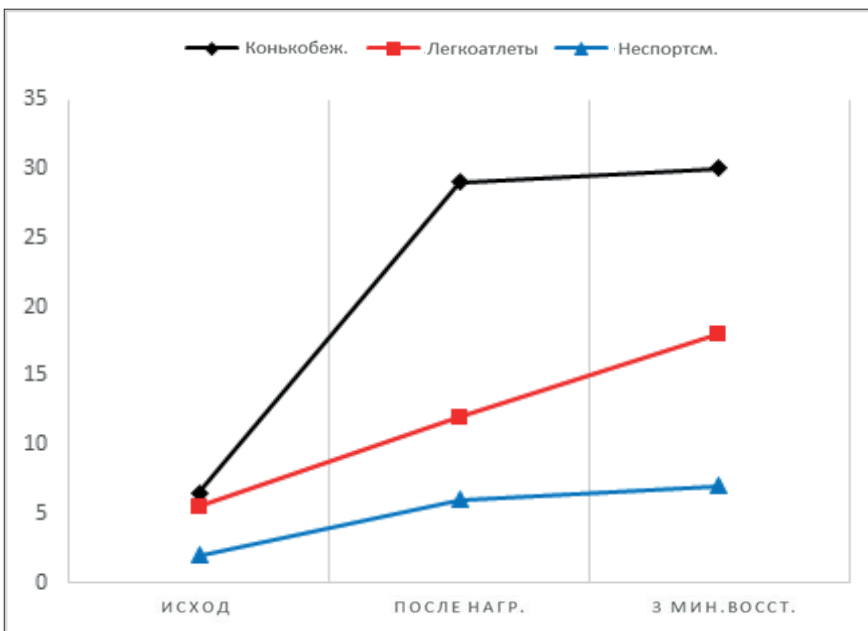
На рисунке 3 показана динамика концентрации инсулина. Отмечается одинаковое достоверное снижение этого параметра от покоя до окончания выполнения теста у конькобежцев и в контрольной группе неспортсменов ( $p < 0,05$ ). Однако у легкоатлетов от исходного состояния до окончания теста практически нет никаких изменений. После завершения работы в восстановительный период концентрация инсулина достоверно увеличивается в экспериментальной и контрольной группах.

На рисунке 4 представлена динамика концентрации соматропина. Показано, что от исхода до окончания выполнения нагрузки и в восстановительный период у представителей экспериментальной и контрольной групп этот показатель достоверно увеличивается. Однако у конькобежцев этот параметр наиболее увеличивается по сравнению с легкоатлетами и неспортсменами.

В таблице 1 показаны полученные результаты уровня метаболитических субстратов и гормонов в крови и экскреции катехоламинов в моче в покое. В результате оценки метаболитических путей у конькобежцев и легкоатлетов в ответ на тестирующую нагрузку были выявлены некоторые особенности.



**Рис. 3.** Динамика уровня инсулина в крови у конькобежцев, легкоатлетов и контрольной группы (по оси абсцисс — период взятия пробы — в исход, после выполнения теста, на 3-й минуте восстановления; по оси ординат — инсулин (мкед/мл))



**Рис. 4.** Динамика уровня соматотропина у конькобежцев, легкоатлетов и контрольной группы (по оси абсцисс — период взятия пробы — в исход, после выполнения теста, на 3-й минуте восстановления; по оси ординат — соматотропин (мкг/л))

Таблица 1

**Показатели уровня субстратов и гормонов  
у конькобежцев и легкоатлетов**

Показатель	Конькобежцы	Легкоатлеты
Глюкоза (мг/100 мл)	76,7 ± 7,32	78,2 ± 6,13
Адреналин (нг/мин)	21,5 ± 3,51**	6,50 ± 1,49**
Норадреналин (нг/мин)	53,10 ± 5,74	35,90 ± 5,52*
Дофамин (нг/мин)	112,3 ± 14,50*	58,9 ± 13,8*
Диоксифенилаланин (нг/мин)	65,9 ± 6,23*	103,6 ± 15,0*
НЭЖК (мМ/л)	0,56 ± 0,07	0,55 ± 0,11
Глицерин (мг/100 мл)	5,60 ± 0,83	5,86 ± 0,22
Соматотропин (нг/мл)	6,60 ± 0,82*	2,20 ± 0,84*
Инсулин (мкед/мл)	5,70 ± 0,63*	3,50 ± 0,71*

Примечание: \*— ( $p < 0,05$ ), \*\*— ( $p < 0,01$ ).

У конькобежцев и легкоатлетов отмечаются значимые различия в показателях адреналина, норадреналина, диоксифенилаланина, дофамина, соматотропина и инсулина. Выполнение тестирующей нагрузки спортсменами сопровождается увеличением уровня глюкозы на фоне снижения гормона инсулина. Снижение секреции инсулина не уменьшает эндогенной секреции печенью глюкозы. Однако мобилизация гликогеновых депо печени может идти с достаточно большой скоростью, превышающей ее использование. При выполнении тестирующей нагрузки у спортсменов-конькобежцев отмечается увеличение уровня соматотропина, что может быть связано с усиленным использованием НЭЖК. Между тем в этом процессе, возможно, значительную роль играет особенная адаптация спортсменов-конькобежцев к статической силовой нагрузке в связи с постоянным наклоном тела конькобежцев при выполнении специальных упражнений, и в данном случае происходит активизация белкового обмена.

Были получены результаты после тестирующей нагрузки до и в конце соревновательного этапа и реакция симпатoadреналовой системы конькобежцев и легкоатлетов на используемую нагрузку в совокупности. Отмечается, что секреция адреналина, норадреналина, дофамина, диоксифенилаланина в покое, до и в конце соревнований значимо не различаются. Однако выполнение теста до соревновательного этапа характеризуется активизацией медиаторного звена симпатoadреналовой системы за счет достоверного увеличения экскреции адреналина при достаточно низком уровне норадреналина. В покое, до и в конце соревнований соотношение «норадреналин/адреналин» остается одним и тем же. Между тем в конце соревновательного этапа при выполнении тестирующей нагрузки параметр «норадреналин/адреналин» снижается достоверно. В начале соревновательного этапа соотношение «адреналин плюс норадреналин плюс дофамин/диоксиненилаланин» значимо снижается и практически не меняется по сравнению с покоем. Изначальная концентрация гормона инсулина в крови

была достоверно выше, чем по окончании соревнований. Между тем сразу после тестирующей процедуры уровень инсулина достоверно снижается и растет через 3 минуты восстановительного периода. Гормон соматотропин в начале и в конце соревнований достоверно растет, однако в ответ на выполнение лабораторного теста достоверных различий не наблюдается.

Оценка полученных результатов показывает значимые различия у спортсменов по уровню адреналина, дофамина, диоксифенилаланина, инсулина и соматотропина. Остальные различия между биохимическими показателями спортсменов-конькобежцев и спортсменов-легкоатлетов недостоверны. При этом выявляются как сходства в динамике параметров, так и различия у тех же спортсменов. Например, у конькобежцев и у легкоатлетов отмечается достоверное снижение уровня инсулина после нагрузки, рост соматотропина и увеличение экскреции адреналина. Но при этом только у спортсменов-легкоатлетов увеличивается уровень норадреналина. Отмечается парадоксальная реакция противоположной динамики уровня глюкозы при выполнении нагрузки и инсулина. В частности, у конькобежцев и легкоатлетов растет уровень глюкозы в крови НЭЖК и происходит небольшое увеличение концентрации неэстерифицированных жирных кислот. Динамика уровня глицерина при выполнении теста минимальна. Кроме того, во время тестирования, после окончания и в период восстановления у всех спортсменов значительно растет уровень НЛа в крови. У спортсменов-конькобежцев к 3-й минуте восстановления значительно растет уровень инсулина, а к 10-й минуте у тех же спортсменов уровень гормона соматотропина имеет самые высокие значения.

Таким образом, у спортсменов — конькобежцев и легкоатлетов — при выполнении лабораторного теста отмечаются серьезные изменения гормонального фона и биохимических субстратов до нагрузки и после. Характерные особенности динамических адаптационных процессов у конькобежцев и легкоатлетов четко отражаются в корреляционных взаимосвязях гормональных и энергетических субстратных показателей. Например, у конькобежцев была выявлена отрицательная связь между секрецией соматотропина и экскрецией катехоламинов, но у легкоатлетов между этими показателями определена прямая зависимость. Можно сделать вывод, что существуют как общие закономерности в развитии адаптационных метаболических процессов в ответ на нагрузку, так и частные различия, которые связаны, прежде всего, со спецификой специальных физических нагрузок того или иного вида спорта. Немаловажную роль в спортивной деятельности играют и морфофизиологические показатели спортсменов. Например, у легкоатлетов по сравнению с конькобежцами отмечается меньшее количество липидной прослойки в жировых депо, что отчасти можно связать с низкой концентрацией инсулина в крови, которая положительно коррелирует с жировой массой. Кроме того, у всех спортсменов увеличивается уровень НЭЖК в крови в ответ на физическую нагрузку, что можно связать со сбалансированностью мобилизационных механизмов и утилизации липидов.



Подводя итог проведенным исследованиям, можно сказать, что биохимические варианты метаболического преобразования углеводного и липидного обмена у конькобежцев и легкоатлетов выявляют различия в функционировании в целом симпатoadреналовой системы, которая характеризуется у конькобежцев активацией адреналового компонента, а у спортсменов-легкоатлетов — симпатического звена. Оценка полученных данных позволяет выяснить относительно точные границы колебаний биохимических и физиологических норм динамических изменений в ответ на выполнение предельных нагрузок, без которых невозможно определить результаты тестирования при выполнении биохимического контроля.

## Выводы

1. При сравнении полученных параметров между спортсменами и неспортсменами отмечается схожая тенденция в реакциях организма на тестирующую нагрузку, за исключением НЭЖК и Glu, которые у неспортсменов значимо выше сразу после выполнения теста, а концентрация инсулина и соматотропина достоверно ниже, чем у спортсменов-легкоатлетов и спортсменов-конькобежцев.

2. Полученные результаты показали, что у спортсменов — конькобежцев и легкоатлетов — при выполнении лабораторного теста отмечаются широкие изменения гормонального фона и биохимических субстратов до нагрузки и после.

3. Существуют как общие закономерности в развитии адаптационных метаболических процессов в ответ на нагрузку, так и частные различия, которые связаны, прежде всего, со спецификой специальных физических нагрузок того или иного вида спорта.

4. Биохимические варианты метаболического преобразования углеводного и липидного обмена у конькобежцев и легкоатлетов выявляют различия в функционировании в целом симпатoadреналовой системы, которая характеризуется активацией у конькобежцев адреналового компонента, а у спортсменов-легкоатлетов — симпатического звена.

## Список источников

1. Волков Н. И. Биохимия мышечной деятельности: учебник / Н. И. Волков, Э. Н. Нессен, А. А. Осипенко [и др.]. Киев: Олимпийская литература, 2013. 503 с.
2. Кремер У. Дж., Рогол А. Д. Эндокринная система, спорт и двигательная активность. Киев: Олимпийская литература, 2005. 559 с.
3. Матлина Э. Ш. Взаимосвязь катехоламинов и кортикостероидов в процессе мышечного утомления / Э. Ш. Матлина, Г. Л. Шрейберг, А. Х. Войнова [и др.] // Физиологический журнал СССР. 1978. Т. 64. С. 171–176.

4. Ньюсхолм Э., Старт К. Регуляция метаболизма. М.: Мир, 1977. URL: <https://www.nehudlit.ru/books/regulyatsiya-metabolizma.html>
5. Погодина С. В., Алексанянц Г. Д. Адаптационные изменения глюкокортикоидной активности в организме высококвалифицированных спортсменов различных половозрастных групп // Теория и практика физической культуры. 2016. № 9. С. 49–52. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26331841>
6. Тамбовцева Р. В., Никулина И. А. Изменение гормональной регуляции обменных процессов у конькобежцев на разных этапах тренировочного цикла // Теория и практика физической культуры. 2015. № 5. С. 52–54. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=23766272>
7. Тамбовцева Р. В., Никулина И. А. Особенности гормональной регуляции углеводного и липидного обмена при предельной нагрузке у спортсменов разных специализаций // Теория и практика физической культуры. 2017. № 6. С. 45–47. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29433967>

### References

1. Volkov N. I. Biochemistry of muscular activity: textbook / N. I. Volkov, E. N. Nessen, A. A. Osipenko [et al.]. Kyiv: Olympic Literature, 2013. 503 p.
2. Kremer W. J., Rogol A. D. Endocrine system, sport and motor activity. Kyiv: Olympic Literature, 2005. 559 p.
3. Matlina E. Sh. The relationship of catecholamines and corticosteroids in the process of muscle fatigue / E. Sh. Matlina, G. L. Shreyberg, A. Kh. Voinova [et al.] // Physiological Journal of the USSR. 1978. Vol. 64. P. 171–176.
4. Newsholm E., Start K. Regulation of metabolism. M.: Mir, 1977. URL: <https://www.nehudlit.ru/books/regulyatsiya-metabolizma.html>
5. Pogodina S. V., Aleksanyants G. D. Adaptive changes in glucocorticoid activity in the body of highly qualified athletes of various age and sex groups // Theory and practice of physical culture. 2016. № 9. P. 49–52. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26331841>
6. Tambovtseva R. V., Nikulina I. A. Changes in the hormonal regulation of metabolic processes in skaters at different stages of the training cycle // Theory and practice of physical culture. 2015. № 5. P. 52–54. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=23766272>
7. Tambovtseva R. V., Nikulina I. A. Peculiarities of hormonal regulation of carbohydrate and lipid metabolism at maximum load in athletes of different specializations // Theory and Practice of physical culture. 2017. № 6. P. 45–47. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29433967>