УДК [612.45+612.1]:796 DOI: 10.36028/2308-8826-2023-11-3-22-29

ОЦЕНКА КОМПОНЕНТОВ КИСЛОРОДТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ И ВКЛАДА ГОРМОНАЛЬНОГО ЗВЕНА В ОБЕСПЕЧЕНИЕ ФИЗИЧЕСКОЙ ВЫНОСЛИВОСТИ У СПОРТСМЕНОВ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ СПОРТА

Е.Е. Исаева[1], Г.С. Тупиневич[1], А.З. Даутова[2], В.Г. Шамратова[1]

[1]Башкирский государственный медицинский университет Минздрава РФ, Уфа, Россия
[2]Поволжский государственный университет физической культуры, спорта и туризма, Казань, Россия

Аннотация

Цель исследования – оценить вклад гематологических, гемодинамических и гормональных параметров в обеспечение кардиореспираторной выносливости спортсменов, специализирующихся в разных видах спорта.

Материалы и методы исследования. В исследовании приняли участие 60 юношей в возрасте от 18 до 22 лет. Контингент обследованных был поделен на три группы. В первую группу вошли спортсмены игровых видов спорта (лапта, хоккей) (n=22). Вторую группу составили атлеты собственно силовых и скоростно-силовых видов спорта (тяжелая атлетика, единоборства) (n=18). Группа сравнения представлена студентами, не занимающимися спортом (n=20). Квалификация спортсменов – от 1-го разряда до кандидатов в мастера спорта. Физическую выносливость оценивали путем расчета кардиореспираторного индекса (КРИС) в адинамической ($КРИС_{адин}$) и динамической фазах ($КРИС_{дин}$). Определяли базовые гематологические показатели, а также концентрацию в сыворотке крови тиреотропного гормона (ТТГ), свободного тироксина (св.Т4) и кортизола.

Результаты исследования. Установлено повышение уровня кортизола в крови у спортсменов обеих групп по сравнению с его уровнем у физически неактивных лиц. С помощью факторного анализа показано, что устойчивость организма к физическим нагрузкам, как в контрольной группе, так и у спортсменов, специализирующихся в разных видах спорта, коррелировала с возрастанием в крови концентрации тироксина. У спортсменов игровых видов спорта толерантность к физической нагрузке прямо пропорционально связана с содержанием в крови гемоглобина и эритроцитов, а исходная физическая выносливость ($КРИС_{адин}$) – с уровнем кортизола в крови.

Заключение. Толерантность к физической нагрузке, независимо от вида спортивной деятельности и при ее отсутствии, определяется уровнем тироксина в крови. У спортсменов игровых видов спорта физическая выносливость контролируется функциональной активностью различных звеньев кислородтранспортной системы организма и уровнем кортизола в плазме крови.

Ключевые слова: кардиореспираторный индекс, факторный анализ, спортсмены, гормоны, кровь, физическая выносливость.

ASSESSMENT OF THE COMPONENTS OF THE OXYGEN TRANSPORT SYSTEM AND THE CONTRIBUTION OF THE HORMONAL LINK TO PROVISION OF PHYSICAL ENDURANCE IN ATHLETES OF VARIOUS SPORTS

[1]E. E. Isaeva, e-mail: agent373@mail.ru, ORCID: 0000-0003-4806-257X
[1]G.S. Tupinevich, e-mail: gali-tu@mail.ru, ORCID: 0000-0002-8509-1014
[2]A.Z. Dautova, e-mail: dautova.az@mail.ru, ORCID: 0000-0003-3069-2178
[1]V.G. Shamratova, e-mail: distantshamratova@mail.ru, ORCID: 0000-0002-7633-4264
[1]Bashkir State Medical University, Ministry of Health of the Russian Federation, Ufa, Russia
[2]Volga Region State University of Physical Culture, Sports and Tourism, Kazan, Russia

Abstract

The purpose of the research was to assess the contribution of hematological, hemodynamic and hormonal parameters to ensuring cardiorespiratory endurance of athletes specializing in different sports.

Materials and research methods. The study involved 60 young men aged 18 to 22 years. The surveyed population was divided into three groups. The first group included sportsmen of team sports (lapta, hockey) (n=22).

The second group consisted of athletes of strength and speed-strength sports (weightlifting, martial arts) (n=18). The comparison group is represented by students who do not go in for sports (n=20). Qualification of athletes – from the 1st category to candidates for the master of sports. Physical endurance was assessed by calculating the cardiorespiratory index (CI) in the adynamic (CI_{adin}) and dynamic (CI_{din}) phases. Basic hematological parameters were determined, as well as serum concentrations of thyroid-stimulating hormone (TSH), free thyroxine (free T4), and cortisol.

Research results. An increase in the level of cortisol in the blood of athletes of both groups was established in comparison with its level in physically inactive individuals. Using factor analysis, it was shown that the body's resistance to physical stress, both in the control group and in athletes specializing in different sports, correlated with an increase in the thyroxine concentration in the blood. In team sports athletes, exercise tolerance is directly proportional to the content of hemoglobin and erythrocytes in the blood, and initial physical endurance (CI_{adin}) is related to the level of cortisol in the blood.

Conclusion. Tolerance to physical activity, regardless of the type of sports activity and in its absence, is determined by the level of thyroxine in the blood. In team sports athletes, physical endurance is controlled by the functional activity of various parts of the body's oxygen transport system and the level of cortisol in the blood plasma.

Keywords: cardiorespiratory index, factor analysis, athletes, hormones, blood, physical endurance.

ВВЕДЕНИЕ

Одной из важнейших функциональных систем, от деятельности которой во многом зависят обеспечение организма кислородом, спортивные результаты и здоровье спортсмена, является кардиореспираторная система. По ее деятельности можно судить о функциональном состоянии организма спортсмена, т. к. она выполняет роль индикатора функциональных и резервных возможностей [2].

Оценка компонентов кислородтранспортной системы (КТС), а также изучение вклада гормонального звена в обеспечение физической выносливости является актуальной задачей, так как гормоны играют фундаментальную роль в адаптации организма к физическим нагрузкам, они в определенной мере обусловливают физическую работоспособность. В то же время имеются противоречивые результаты, касающиеся метаболизма гормонов щитовидной железы во время интенсивных упражнений у молодых людей [8].Также ведущую роль в гормональной регуляции адаптивных метаболических процессов традиционно отводят гипоталамо-гипофизарно-адренокортикальной системе [14].

В то же время вид спорта, фаза тренировочного процесса оказывают существенное влияние на изменение как гематологических, биохимических параметров, так и гормонального статуса спортсменов [5]. В связи с этим представляет интерес изучение особенностей взаимосвязей КРИС, показателей КТС и гормонального статуса спортсменов, специализирующихся в разных видах спорта.

Наиболее полно учесть отношения между признаками позволяет факторный анализ (ФА), существенное достоинство которого заключается в возможности не просто выявить все имеющиеся взаимосвязи показателей, но и выделить факторы (скрытые переменные более высокого порядка, чем изучаемые параметры) и проводить их осмысленную и содержательную интерпретацию. При этом следует отметить, что применение ФА в научных исследованиях по спортивной физиологии ограничено. Между тем, принимая во внимание, что вклад различных звеньев КТС в обеспечение тканей кислородом может отличаться в зависимости от вида спорта, ФА целесообразно использовать для оценки физиологической значимости отдельных компонентов системы кислородного транспорта у спортсменов с различной специализацией. Более того, на базе сопоставления набора признаков в выделенных факторных структурах, характера и силы выявленных корреляций можно получить объективную информацию о механизмах адаптации организма спортсменов к физическим нагрузкам с учетом специфики их спортивной деятельности.

В связи с этим **целью исследования** явилась оценка вклада гематологических, гормональных и гемодинамических параметров в обеспечение кардиореспираторной выносливости у спортсменов различных видов спорта.

МЕТОДЫ И ОРГАНИЗАЦИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ

В исследовании приняли участие 60 юношей в возрасте от 18 до 22 лет. Весь контингент обследованных был поделен на три группы. В первую группу вошли спортсмены игровых видов спорта (лапта, хоккей) – 22 человека. Вторую группу составили атлеты собственно силовых и скоростно-силовых видов спорта (тяжелая атлетика, единоборства) – 18 человек. Группа сравнения представлена студентами, не занимающимися спортом (20 человек). Квалификация спортсменов на момент обследования была от 1-го разряда до кандидатов в мастера спорта. Все испытуемые регулярно тренировались не менее 3 лет, были здоровы и не имели каких-либо ограничений для занятий спортом. Исследование проводилось в подготовительный период годичного тренировочного цикла, через день-два после тренировки, в первой половине дня. Обследуемые были проинформированы о целях и методах проводимого исследования и подписали добровольное согласие. Исследование проводилось с соблюдением норм Хельсинской декларации.

Физическую выносливость оценивали путем расчета кардиореспираторного индекса в модификации М. Самко (КРИС). Методика проведения подробно описывается в статье [3]. КРИС определялся в адинамической ($КРИС_{адин}$) и динамической фазах ($КРИС_{дин}$) – после выполнения пятиминутной физической нагрузки на велоэргометре eBike (GE Healthcare, США), нагрузка составляла 20 н/м, скорость педалирования – 40 об/мин. Процент снижения индекса ($КРИС_{тол}$) после выполняемой нагрузки рассчитывали по формуле: КРИСтол=((КРИСадин-КРИСдин)*100%)/ $КРИС_{адин}$, где $КРИС_{адин}$ – показатель физической выносливости в адинамической фазе; $КРИС_{дин}$ – величина индекса после динамической фазы.

Исследование системной гемодинамики проводили методом интегральной реографии тела по М.И. Тищенко с помощью компьютерного комплекса «Диамант-М» (Россия).

Гематологические показатели оценивали с помощью автоматического гематологического анализатора «ADVIA 60» (BAYER, Германия). Определяли общее число эритроцитов (RBC), содержание гемоглобина (HGB), средний объем отдельного эритроцита (MCV), гематокрит (HCT), среднее содержание и концентрацию гемоглобина в эритроците (MCH и MCHC, соответственно). Концентрацию в сыворотке крови тиреотропного гормона (ТТГ), свободного тироксина (св. Т4) и кортизола определяли на иммуноферментном анализаторе Chem Well (Австрия) с использованием набора реагентов «Вектор-Бест» (Россия).

Статистический анализ проводили с использованием пакета программ Microsoft Office Excel и Statistics 10.0 (StatSoft Inc., США). Для выявления скрытых переменных, объясняющих взаимоотношения изученных параметров, применяли факторный анализ. Проверку статистических гипотез о достоверности различий средних величин осуществляли с использованием *t*-критерия Стьюдента. Статистически значимыми считали различиями при $p < 0{,}01$.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Одним из информативных методов оценки уровня физической выносливости человека в состоянии покоя и после выполнения мышечной работы, а также способом выявления резервных возможностей системы кровообращения и дыхания является определение кардиореспираторного индекса (КРИС) [6].

Согласно результатам исследования, кардиореспираторный индекс до нагрузки ($КРИС_{адин}$) во всех исследуемых группах не имел статистически значимых отличий. При этом у тяжелоатлетов и единоборцев $КРИС_{адин}$ находился на одном уровне со значением показателя лиц контрольной группы (таблица 1). Поскольку значения индекса КРИС в адинамической фазе от 0,91 и выше свидетельствуют о хорошей физической форме испытуемых, можно считать, что общее состояние кардиореспираторной системы у юношей всех групп соответствует норме для здорового человека.

Статистически значимые различия как значений $КРИС_{дин}$, так и значений $КРИС_{тол}$, т.е. после выполнения обследуемыми физической нагрузки, были выявлены у спортсменов обеих групп по сравнению с нетренированными

Таблица 1 – Значения кардиореспираторного индекса и показатели гемодинамики в группах спортсменов и в контроле (M±m)
Table 1 – Values of the cardiorespiratory index and hemodynamic parameters in groups of athletes and in control (M±m)

Показатель/ Indicator	Контроль/ Control	Игровые виды спорта / Team sports	Силовые виды спорта / Strength sports
$КРИС_{адин}$ (усл.ед) / CI_{adin} (conv. units)	0,93±0,051	0,96±0,048	0,92±0,036
$КРИС_{дин}$ (усл.ед) / CI_{din} (conv. units)	0,71±0,049	0,86±0,036*	0,83±0,029*
$КРИС_{тол}$ (%) / CI_{tol} (%)	24±2,51	9,7±1,74*	8,7±0,99*
САД (мм.рт.ст.) / SBP (mmHg)	129±2,79	122±2,99*	117±2,42*
ДАД (мм.рт.ст.) / DBP (mmHg)	74±1,65	73±2,23	71±2,0
ЧСС (уд/мин) / HR (bpm)	81±3,46	71±1,76*	69±3,60*
УО (мл) / SV (ml)	66±1,61	64±1,79	62±1,50

Примечание: * – статистически значимое отличие показателя у спортсменов от показателя контрольной группы при p < 0,01
Note: * – statistically significant difference between the indicator in athletes from the control group at p < 0.01

Таблица 2 – Показатели красной крови и гормонов в группах спортсменов и в контроле (M±m)
Table 2 – Indicators of red blood and hormones in groups of athletes and in control (M±m)

Показатель/ Indicator	Контроль/ Control	Игровые виды спорта / Team sports	Силовые виды спорта / Strength sports
Эритроциты (10^{12}/л) / RBC (10^{12}/l)	4,8±0,08	5,1±0,1*	5,2±0,1*
Гемоглобин (г/л) / HGB(g/l)	143±2,48	143±2,5	143±2,6
Гематокрит (%) / HCT (%)	41±0,67	43±0,68*	43±0,6*
Средний объем эритроцитов (фл) / MCV (fl)	86±0,6	84±1,0	84±1,6
Среднее содержание гемоглобина (пг) / MCH (pg)	29,4±0,3	28,0±0,4*^	28±0,7*
Средняя концентрация гемоглобина (г/л) / MCHC (g/l)	340±3,1	331±2,6*^	339±2,7
Кортизол (нмоль/л) / Cortisol (nmol/l)	616±8,6	845±1,2*	926±1,3*
ТТГ (мМЕ/л) / TSH (mIU/l)	1,7±0,2	1,27±0,1	1,0±0,04
Т4 (нмоль/л) / T4 (nmol/l)	15,6±0,78	14,7±0,71	13,8±0,65

Примечание: * – статистически значимое отличие показателя у спортсменов от показателя контрольной группы при p < 0,01;
^ – статистически значимое отличие показателя 2-й группы от показателя 3-й при p < 0,01
Note: * – statistically significant difference between the indicator in athletes from the control group at p < 0.01;
^ – statistically significant difference between the indicator of the 2nd group from the 3rd one at p < 0.011

юношами (p < 0,01). При этом различия $КРИС_{тол}$ выражены отчетливей, т.к. этот показатель свидетельствует о переносимости физических нагрузок, которая у спортсменов существенно выше, чем у лиц, не занимающихся спортом. Показатели гемодинамики имели значимо более низкие уровни (САД и ЧСС) у спортсменов обеих групп (p < 0,01) (таблица 1).

Как известно, физическая выносливость организма определяется его аэробными возможностями, а следовательно, зависит от функционального состояния системы транспорта кислорода, к которой относится эритроцитарное звено крови [12]. В таблице 2 отражены показатели красной крови во всех группах обследуемых.

Это можно расценивать как компенсаторную реакцию на повышение гематокрита, который способствует увеличению вязкости цельной крови. Концентрация гемоглобина в эритроците – довольно чувствительный индикатор нарушения процессов гемоглобинообразования. Обнаруженное понижение данного показателя у спортсменов игровых видов спорта соответствует данным литературы, по которым в условиях острых физических нагрузок наблюдается уменьшение средней концентрации корпускулярного гемоглобина [13].

Значительный вклад в достижение спортивного результата вносит гормональная регуляция адаптивных метаболических процессов, осуществляющих энергообеспечение работающих

Таблица 3 – Факторная структура показателей системы крови и гемодинамики у спортсменов и в контрольной группе
Table 3 – Factor structure of indicators of the blood system and hemodynamics in athletes and in the control group)

Факторная нагрузка показателей / Factor loading of indicators	Контроль / Control			Игровые виды спорта / Team sports		Силовые виды спорта / Strength sports	
	Фактор 1 Factor 1	Фактор 2 Factor 2	Фактор 3 Factor 3	Фактор 1 Factor 1	Фактор 2 Factor 2	Фактор 1 Factor 1	Фактор 2 Factor 2
КРИС$_{адин}$ / CI$_{adin}$		0,65			0,82		
КРИС$_{тол}$ / CI$_{tol}$	0,63			-0,65			-0,77
ДАД / DBP			0,64	-0,81			
ЧСС / HR		-0,78					
УО / SV				-0,79		0,80	
Гемоглобин / HGB			0,70	0,60		-0,80	
Эритроциты / RBC				0,83		-0,64	
Кортизол / Cortisol		-0,72			0,66		
ТТГ / TSH	0,66				-0,65		
Т4 / T4	-0,87			0,74			0,73
Доля дисперсии (%) Percentage of dispersion (%)	24%	23%	17%	40%	20%	27%	22%

Примечание: приведены только статистически значимые корреляции с фактором
Note: only statistically significant correlations with the factor are given

мышц и модулирующих различные звенья обмена [4]. В этой связи представляет интерес изучение гормонов тиреотропно-тиреоидной и кортикостероидной систем при адаптации организма к физическим нагрузкам аэробного и анаэробного характера (таблица 2).

Из данных таблицы, характеризующих состояние гормонального звена, видно, что концентрация кортизола в крови у спортсменов обеих групп статистически значимо выше, чем в контроле ($p < 0,01$). Кортизол, как известно, при интенсивной работе выполняет мобилизационную функцию, направленную на использование белковых ресурсов для энергетического обеспечения работающих мышц [7]. Высокие спортивные нагрузки усиливают стероидогенез в коре надпочечников и адренокортикальную активность, повышая уровень кортикостероидов в крови. Существуют сведения, что содержание кортизола в крови увеличивается по мере возрастания интенсивности нагрузок во время тренировочного цикла [1]. Следует, однако, отметить, что сходный с физической активностью гормональный ответ вызывается и стрессовыми стимулами, в том числе эмоциональными. В спортивных единоборствах [16], как и в игровых видах спорта [11], можно обнаружить воздействие обоих факторов, физических упражнений и эмоций/агрессии, связанных со спецификой спортивной деятельности.

Для оценки вклада гормонального звена и отдельных компонентов КТС организма в обеспечение его физической выносливости у спортсменов разных видов спорта использовали факторный анализ. Этот метод позволяет не только наиболее полно учесть отношения между изучаемыми переменными, но и вскрыть глубинную структуру имеющихся взаимосвязей.

Во всех группах по блокам изученных параметров нами выявлены факторы физической выносливости (таблица 3). В факторе 1 по матрице данных у контрольной группы, а также у спортсменов игровых видов спорта и в факторе 2 у атлетов скоростно-силовых видов спорта установлены разнонаправленные корреляции Т4 и КРИС$_{тол}$. На основании этих связей можно заключить, что независимо от физического статуса человека, чем выше уровень энергетического обмена, контролируемого тироксином, тем меньше изменяется КРИС после физической нагрузки, т.е. выше устойчивость (толерантность) организма к физическим нагрузкам.

Вместе с тем у спортсменов игровых видов спорта фактор физической выносливости имеет наиболее высокий удельный вес (описывает 40% от общей дисперсии) и включает в себя, помимо КРИС$_{тол}$ и Т4, показатели гемодинамики и красной крови. Следовательно, у спортсменов этой группы уровень тренированности определяется состоянием КТС в целом. Иначе говоря, чем больше кислорода переносится эритроцитами (положительные корреляции в факторе 1 HGB и RBC) и ниже ДАД и ударный объем крови, тем выше толерантность к физической нагрузке.

Кроме того, согласно фактору 2, исходная физическая выносливость (КРИС$_{адин}$) в группе спортсменов игровых видов спорта прямо пропорционально зависит от уровня кортизола в крови в отличие от картины в группе физически малоактивных юношей, где корреляция является отрицательной. Фактор 2 у спортсменов скоростно-силовых видов спорта включает разнонаправленные вариации показателей красной крови и УО.

Таким образом, интенсивные физические нагрузки разного характера способствуют возрастанию физической выносливости спортсмена. Поскольку связей концентрации в крови кортизола и КРИС у спортсменов скоростно-силовых видов спорта не обнаружено, можно говорить о роли данного гормона в обеспечении физической выносливости прежде всего при интенсивных динамических нагрузках. Характерной чертой системы корреляций в обеих группах спортсменов являются реципрокные соотношения между УО и показателями крови. Судя по структуре фактора 1 по матрице данных спортсменов обеих групп, ослабление дыхательной функции красной крови компенсируется увеличением сердечного выброса.

Сообщалось, что при слишком интенсивной мышечной работе активность гипоталамо-гипофизарно-тиреоидной оси может снижаться в результате развития стресс-реакции [9]. Об этом же говорят результаты исследования гормонального фона у интенсивно тренирующихся детей и подростков, у которых состояние перетренированности также часто бывает сопряжено со снижением содержания тиреоидных гормонов в крови [10]. При гипотиреозе оказываются сниженными и доставка кислорода к мышцам, и его утилизация в митохондриях мышечных волокон, что неизбежно ведет к снижению аэробной работоспособности скелетных мышц. В заключение отметим, что тиреоидный статус организма может влиять на кровоснабжение скелетных мышц и через влияние на системную гемодинамику [15].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенное исследование показало, что, независимо от вида спортивной деятельности и при ее отсутствии, толерантность к физической нагрузке в значительной степени определяется уровнем тироксина в крови, что вполне объяснимо ролью этого гормона в регуляции энергетического обмена. Вместе с тем у спортсменов игровых видов спорта в обеспечении тренировочной деятельности участвуют различные звенья кислородтранспортной системы организма, и прежде всего дыхательная функция крови. Примечательно, что у спортсменов обеих групп значимо превышено содержание кортизола в плазме крови, однако только у атлетов игровых видов спорта с уровнем кортизола взаимосвязана физическая выносливость. Отмеченные особенности обусловлены, очевидно, более высокими и длительными по времени потребностями работающих мышц в кислороде у этих спортсменов. Как известно, соотношение анаэробных и аэробных путей, с помощью которых удовлетворяются энергетические запросы работающих мышц, неодинаково при выполнении разных упражнений. При аэробных упражнениях, отличающихся непрерывным расходованием работающими мышцами кислорода, требования к функционированию системы кислородного транспорта существенно выше, чем при выполнении нагрузок анаэробного характера.

Следует заметить, что, несмотря на отсутствие значимых различий реально фиксируемых параметров у спортсменов, специализирующихся в разных видах спорта, внутренняя структура факторов, описывающих взаимосвязи этих показателей, заметно различается, свидетельствуя о высокой информативности использованного нами подхода.

ЛИТЕРАТУРА

1. Афанасьева, И. А. Уровень кортизола и фагоцитарная активность лейкоцитов у спортсменов при высоких физических нагрузках / И. А. Афанасьева // Физиология человека. – 2007. – Т.32. – № 3. – С. 136-138.
2. Ванюшин, Ю. С. Кардиореспираторная система как индикатор функционального состояния организма спортсменов / Ю. С. Ванюшин, Р. Р. Хайруллин // Теория и практика физической культуры. – 2015. – №. 7. – С. 11-14.
3. Даутова, А. З. Взаимосвязи гормонального статуса и показателей красной крови с кардиореспираторной выносливостью у спортсменов и нетренированных юношей / А. З. Даутова, В. Г. Шамратова // Журнал медико-биологических исследований. – 2022. – Т. 10. – № 2. – С. 110-121.
4. Даутова, А. З. Взаимосвязь гематологических и биохимических параметров крови у спортсменов разных возрастных групп / А. З. Даутова, Г. Г. Янышева, Р. Ю. Якубов, А. С. Назаренко, А. А. Зверев // Наука и спорт: современные тенденции. – 2022. – Т. 10, № 3. – С. 14-21.
5. Королев, Д. С. Особенности изменений гематологических и биохимических показателей у спортсменов-борцов / Д. С. Королев, А. Н. Архангельская, А. Д. Фесюн, К. Г. Гуревич // Физиология человека. – 2021. – Т. 47. – №. 4. – С. 1-7.
6. Солонин, Ю. Г. Сравнение физиологических показателей и их реакций на физические нагрузки у лыжников-гонщиков и тхэквондистов / Ю.Г. Солонин и др. // Спортивная медицина: наука и практика. – 2015. – №. 2. – С. 33-38.
7. Buckingham, J.C.B. Glucocorticoids: exemplars of multitasking / J.C.B. Buckingham // British Journal of Pharmacology. – 2006. – 147(S1) Supplement 1. – P.258-268.
8. Chicharro, J.L.Thyroid hormone levels during a 3-week professional road cycling competition / J.L. Chicharro, J. Hoyos, F. Bandres, N. Terrados, B. Fernandez, A. Lucia // Horm Res. – 2001. – Vol.56. – P. 59-164.
9. Hackney, A. C. Thyroid hormonal responses to intensive interval versus steady-state endurance exercise sessions / A. C. Hackney, A. Kallman, K. P. Hosick et al. // Hormones (Athens). – 2012. – Vol. 11. – № 1. – P. 54-60.
10. Kanaka-Gantenbein, C. The impact of exercise on thyroid hormone metabolism in children and adolescents / C. Kanaka-Gantenbein // Horm. Metab. Res. – 2005. – Vol. 37. – № 9. – P. 563-565.
11. Martin, A.C. Possible Hormone Predictors of Physical Performance in Adolescent Team Sport Athletes / A.C. Martin, I.T. Heazlewood, C.M. Kitic, I. Lys, L. Johnson // J Strength Cond Res. – 2019. – Vol.33(2). – P. 417-425.
12. Montero, D. Erythropoiesis with endurance training: dynamics and mechanisms / D. Montero, A. Breenfeldt-Andersen, L. Oberholzer, T. Haider, J.P. Goetze et al. // Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol. – 2017. – Vol. 312(6). – P. 894-902.
13. Nader, E. Impact of a 10 km Running Trial on Eryptosis, Red Blood Cell Rheology, and Electrophysiology in Endurance Trained Athletes: A Pilot Study / E. Nader, D. Monedero, M. Robert, et al. // Eur. J. Appl. Physiol. – 2020. – Vol.120. – №1. – P. 255–266.
14. Steiner, J.L. Adrenal stress hormone action in skeletal muscle during exercise training: An old dog with new tricks? / J.L. Steiner, B.R. Johnson, R.C. Hickner, M.J. Ormsbee, D.L. Williamson, B.S.Gordon // Acta Physiol (Oxf). – 2021. – Vol. 231(1). – p. 13522.
15. Tysoe, O. Skeletal muscle weakness in hypothyroidism / O. Tysoe // Nat Rev Endocrinol. – 2021. – Vol. 17(8). – p. 447.
16. Ziemba, A. Changes in the Hormonal Profile of Athletes following a Combat Sports Performance / A. Ziemba, J.G. Adamczyk, A. Barczak, D. Boguszewski, A. Kozacz, J. Dąbrowski, M. Steczkowska, B. Pepłońska, C. Żekanowski // Biomed Res Int. – 2020. – Vol. 15. – p. 9684792.

REFERENCES

1. Afanas'eva I.A. [Cortisol level and phagocytic activity of leukocytes in athletes during high physical exertion]. Human Physiology, 2007, vol.32, no. 3, pp. 136-138 (in Russ.).
2. Vanyushin Yu. S., Khairullin R. R. [Cardiorespiratory system as an indicator of the functional state of the body of athletes]. Theory and practice of physical culture, 2015, no. 7, pp. 11-14 (in Russ.).
3. Dautova A.Z., Shamratova V.G. [Relationships of hormonal status and red blood parameters with cardiorespiratory endurance in athletes and untrained young men]. Journal of Biomedical Research, 2022, vol. 10, no. 2, pp. 110-121(in Russ.).
4. Dautova, A.Z. [The relationship of hematological and biochemical blood parameters in athletes of different age groups]. Science and sport: current trends, 2022, vol. 10, no. 3, pp. 14-21 (in Russ.).
5. Korolev D. S., Arkhangelskaya A. N., Fesyun A. D., Gurevich K. G. [Features of changes in hematological and biochemical parameters in wrestlers]. Human Physiology, 2021, vol. 47, no. 4, pp. 1-7 (in Russ.).
6. Solonin Yu. G. et al. [Comparison of physiological parameters and their reactions to physical activity in cross-country skiers and taekwondo athletes]. Sports medicine: science and practice, 2015, no. 2, pp. 33-38 (in Russ.).
7. Buckingham J. C. B. Glucocorticoids: exemplars of multi-tasking. British Journal of Pharmacology, 2006, no.147(S1), pp. 258-S268.
8. Chicharro J l, Hoyos J, Bandres F, Terrados N, Fernandez B, Lucia A. Thyroid hormone levels during a 3-week professional road cycling competition. Horm Res, 2001, vol. 56, pp. 59-164.
9. Hackney A.C., Kallman A., Hosick K.P. et al. Thyroid hormonal responses to intensive interval versus steady-state endurance exercise sessions. Hormones (Athens), 2012, vol. 11, no 1, pp. 54-60.
10. Kanaka-Gantenbein C. The impact of exercise on thyroid hormone metabolism in children and adolescents. Horm. Metab, Res, 2005, vol. 37, no 9, pp. 563-565.
11. Martin AC, Heazlewood IT, Kitic CM, Lys I, Johnson L. Possible Hormone Predictors of Physical Performance in Adolescent Team Sport Athletes. J Strength Cond Res. 2019 Feb;33(2):417-425.
12. Montero D, Breenfeldt-Andersen A, Oberholzer L, Haider T, Goetze JP, et al. Erythropoiesis with endurance training: dynamics and mechanisms. Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol. 2017;312(6): R894-R902.
13. Nader E., Monedero D., Robert M., et al. Impact of a 10 km Running Trial on Eryptosis, Red Blood Cell Rheology, and Electrophysiology in Endurance Trained Athletes:

A Pilot Study. Eur. J. Appl. Physiol, 2020, vol.120, no 1, pp. 255-266.
14. Steiner J.L, Johnson B.R, Hickner R.C, Ormsbee M.J, Williamson D.L, Gordon B.S. Adrenal stress hormone action in skeletal muscle during exercise training: An old dog with new tricks? Acta Physiol (Oxf), 2021, vol.231(1), p. e13522.
15. Tysoe O. Skeletal muscle weakness in hypothyroidism. Nat Rev Endocrinol, 2021, vol.17(8), p.447.
16. Ziemba A, Adamczyk JG, Barczak A, Boguszewski D, Kozacz A, Dąbrowski J, Steczkowska M, Pepłońska B, Żekanowski C. Changes in the Hormonal Profile of Athletes following a Combat Sports Performance. Biomed Res Int, 2020, vol. 15, p. 9684792.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Исаева Екатерина Евгеньевна (Isaeva Ekaterina Evgenievna) – ассистент кафедры нормальной физиологии, Башкирский государственный медицинский университет Минздрава России; 450008, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. Ленина 3; e-mail: agent373@mail.ru, ORCID: 0000-0003-4806-257X.

Тупиневич Галина Сергеевна (Tupinevich Galina Sergeevna) – кандидат биологических наук, доцент, доцент кафедры нормальной физиологии, Башкирский государственный медицинский университет Минздрава России; 450008, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. Ленина 3; e-mail: gali-tu@mail.ru, ORCID: 0000-0002-8509-1014.

Даутова Альбина Зуфаровна (Dautova Albina Zufarovna) – кандидат биологических наук, доцент кафедры медико-биологических дисциплин, Поволжский государственный университет физической культуры, спорта и туризма; 420010, г. Казань, территория Деревня Универсиады, 35; e-mail: dautova.az@mail.ru; ORCID: 0000-0003-3069-2178.

Шамратова Валентина Гусмановна (Shamratova Valentina Gusmanovna) – доктор биологических наук, профессор, профессор кафедры нормальной физиологии, Башкирский государственный медицинский университет Минздрава России; 450008, г. Уфа, ул. Ленина 3; e-mail: distantshamratova@mail.ru, ORCID: 0000-0002-7633-4264.

Поступила в редакцию 20 июня 2023 г.
Принята к публикации 31 августа 2023 г.

ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Исаева, Е.Е. Оценка компонентов кислородтранспортной системы и вклада гормонального звена в обеспечение физической выносливости у спортсменов различных видов спорта / Е.Е. Исаева, Г.С. Тупиневич, А.З. Даутова, В.Г. Шамратова // Наука и спорт: современные тенденции. – 2023. – Т. 11, № 3. – С. 22-29. DOI: 10.36028/2308-8826-2023-11-3-22-29

FOR CITATION

Isaeva, E. E. Assessment of the components of the oxygen transport system and the contribution of the hormonal link to provision of physical endurance in athletes of various sports. E. E. Isaeva, G.S. Tupinevich, A.Z. Dautova, V.G. Shamratova. Science and sport: current trends, 2023, vol. 11, no. 3, pp. 22-29 (in Russ.). DOI: 10.36028/2308-8826-2023-11-3-22-29