

ИЗУЧЕНИЕ АДАПТИВНЫХ РЕАКЦИЙ У ЭЛИТНЫХ БИАТЛОНИСТОВ НА ТРЕНИРОВОЧНЫЕ НАГРУЗКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КЛЕТОЧНЫХ ИНТЕГРАТИВНЫХ МАРКЕРОВ ИММУНИТЕТА

М.А. Дикунец, dikunets.m.a@vniifk.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5945-0722>

Г.А. Дудко, dudko.g.a@vniifk.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1064-3283>

Э.Д. Вирюс, edwardvirus@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9371-6494>

Федеральный научный центр физической культуры и спорта, Москва, Россия

Аннотация. Целью работы являлось определение прогностической ценности клеточных интегративных маркеров иммунитета при различных типах адаптационных реакций у биатлонистов высокой квалификации на различных этапах подготовительного периода. **Материалы и методы.** В исследовании принял участие 21 биатлонист мужской сборной команды России. Гематологические показатели периферической крови измеряли на автоматическом гематологическом анализаторе XN-1000, Sysmex Corporation (Япония). **Результаты.** Доминирующими типами адаптаций в течение подготовительного периода являлись «спокойная» и «повышенная активация». Частота возникновения реакций адаптации «переактивация» и «повышенная активация» при переходе от общеподготовительного этапа к специально-подготовительному увеличивалась, а доля реакции «тренировка» уменьшалась. На предсоревновательном этапе адаптационной реакции «хронический стресс» как предиктора предпатологических состояний в группе спортсменов не зафиксирован. **Заключение.** Индекс системного иммунного воспаления может рассматриваться в качестве универсального и надежного маркера оценки воспаления, вызванного физической нагрузкой. Дифференциация типа адаптационной реакции под влиянием высокоинтенсивных нагрузок, основанная на использовании маркеров клеточного интегративного иммунитета, позволяет проводить оценку ее стрессогенности, адекватности и переносимости тренировочных воздействий, процессов восстановления, а также использоваться для прогнозирования возникновения утомления и повышенного риска восприимчивости спортсменов к инфекциям.

Ключевые слова: клеточный интегративный иммунный маркер, прогнозирование, стрессогенность, физическая нагрузка

Благодарности. Работа выполнена в рамках государственного задания ФГБУ ФНЦ ВНИИФК № 777-00036-23-00 (№ 001-22/3).

Для цитирования: Дикунец М.А., Дудко Г.А., Вирюс Э.Д. Изучение адаптивных реакций у элитных биатлонистов на тренировочные нагрузки с использованием клеточных интегративных маркеров иммунитета // Человек. Спорт. Медицина. 2024. Т. 24, № 4. С. 41–47. DOI: 10.14529/hsm240405

Original article
DOI: 10.14529/hsm240405

INVESTIGATING ADAPTIVE RESPONSES TO EXERCISE IN ELITE BIATHLETES USING CELLULAR INTEGRATIVE IMMUNE MARKERS

M.A. Dikunets, dikunets.m.a@vniifk.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5945-0722>

G.A. Dudko, dudko.g.a@vniifk.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1064-3283>

E.D. Virus, edwardvirus@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9371-6494>

Federal Science Center for Physical Culture and Sport, Moscow, Russia

Abstract. Aim. This paper was aimed at evaluating the prognostic value of cellular integrative immune markers for predicting various types of adaptive responses in elite biathletes at various stages of early season. **Materials and methods.** This study involved 21 members of the Russian national biathlon team. The hematological profile of peripheral blood was obtained using an automated hematology analyzer (XN-1000, Sysmex

Corporation, Japan). **Results.** The dominant types of adaptations during early season training are “smooth activation” and “enhanced activation”. The frequency of “re-activation” and “enhanced activation” responses increased from general to specific preparation, with a concurrent decrease of the “training” response. Importantly, no cases of stress-induced adaptive responses were observed at the precompetition stage. **Conclusions.** This study demonstrates the utility of the systemic immune inflammation index as a universal and reliable marker for assessing exercise-related inflammation. Differentiation of adaptive responses based on cellular integrative immune markers allows for evaluation of stress capacity, training effects, recovery processes, and prediction of fatigue and susceptibility to infections in elite athletes.

Keywords: cellular integrative immune markers, predictive modeling, stress capacity, physical exercise

Acknowledgments. The work was carried out within the framework of the state assignment of the Federal State Budgetary Institution Federal Scientific Center of Physical Culture No. 777-00036-23-00 (No. 001-22/3).

For citation: Dikunets M.A., Dudko G.A., Virus E.D. Investigating adaptive responses to exercise in elite biathletes using cellular integrative immune markers. *Human. Sport. Medicine.* 2024;24(4):41–47. (In Russ.) DOI: 10.14529/hsm240405

Введение. На современном этапе система подготовки спортсменов характеризуется существенной интенсификацией тренировочного процесса с применением нагрузок, близких к пределу физических возможностей организма. Для достижения максимальных результатов и снижения травм и заболеваний в спорте высших достижений важно поддерживать баланс между тренировочной нагрузкой и восстановлением. За счет активного участия иммунной системы в воспалительных процессах некоторые компоненты гуморального (цитокины, белки острой фазы) и клеточного (лейкоциты) компартментов зачастую рассматриваются в качестве маркеров воспаления при физических нагрузках [8]. В частности, хорошо известно, что острые физические нагрузки вызывают значительное увеличение количества циркулирующих лейкоцитов, зависящее от интенсивности и продолжительности воздействия [4, 7, 9, 10]. Кроме того, снижение иммунной функции вызывает острое и хроническое системное воспаление, а также негативно влияет на восстановление и регенерацию скелетных мышц, что, в конечном счете, сказывается на многих аспектах физической работоспособности. Поскольку общее количество лейкоцитов не учитывает разнонаправленную кинетику подгрупп этих клеток крови, в научно-медицинском сообществе был разработан подход, основанный на использовании интегративных клеточных иммунных маркеров, объединяющих многочисленные популяции иммунных клеток, обеспечивая многофакторное понимание воспалительных процессов.

Отношение количества нейтрофилов к лимфоцитам (Н/Л) – интегративный маркер

воспаления, объединяющий две стороны иммунной системы: врожденный иммунный ответ, главным образом осуществляемый нейтрофилами, и адаптивный иммунитет, поддерживаемый лимфоцитами [11]. Отношение двух крупнейших подгрупп лейкоцитов обладает высоким потенциалом в качестве индикатора воспаления при физических нагрузках, повышенные значения которого указывают на продолжающиеся воспалительные процессы [5]. Следующий интегративный иммунный маркер – отношение количества тромбоцитов к лимфоцитам (Т/Л), который в отличие от Н/Л учитывает еще и количество тромбоцитов. Помимо хорошо известной роли тромбоцитов в первичном гемостазе они проявляют различные провоспалительные свойства, обуславливающие их ценность в качестве маркера воспаления [6]. Подобно нейтрофилии, спровоцированной физической нагрузкой, количество тромбоцитов резко возрастает (тромбоцитоз) путем выброса клеток из костного мозга, селезенки и внутрисосудистых пулов легких. Таким образом, при расчете маркеров клеточного иммунного воспаления Т/Л можно рассматривать как альтернативу Н/Л [5].

В 2014 г. в качестве маркера клеточного иммунного воспаления предложен индекс системного иммунного воспаления (ИСИВ = Н/Л·Т) [13]. Если при расчете Н/Л и Т/Л задействованы отношения двух разных популяций клеток крови, то ИСИВ учитывает три популяции – эффект нейтрофилии и лимфоцитопении, вызванных физической нагрузкой (Н/Л), усиливается эффектом тромбоцитоза. Принимая в расчет различные компоненты крови, реагирующие на физическую нагрузку, ИСИВ может рассматриваться в качестве

универсального и надежного маркера оценки воспаления, вызванного физической нагрузкой, способного заменить или дополнить панель традиционных маркеров воспаления.

Учитывая преимущества маркеров клеточного иммунного воспаления в перспективе клинической диагностики, авторы [14] предложили аналогичный методологический подход к оценке адаптации организма и процессов восстановления в профессиональном спорте. В работе [7] показано, что у спортсменов с высокой аэробной подготовленностью зафиксированы значительно более низкие значения ИСИБ и Т/Л после выполнения однократного теста на велоэргометре до отказа по сравнению с участниками эксперимента, обладающими низким аэробным потенциалом. Вместе с тем в литературе отсутствует информация о продолжительном изучении вышеуказанных интегративных маркеров у элитных спортсменов в рамках тренировочного процесса. Таким образом, цели исследования заключались в определении прогностической ценности клеточных интегративных маркеров иммунитета (Н/Л, Т/Л, ИСИБ) и изучении типов адаптационных реакций организма биатлонистов высокой квалификации под воздействием физических нагрузок, выполненных на различных этапах подготовительного периода, с использованием клеточных интегративных маркеров иммунитета.

Материалы и методы. В исследовании, одобренном этическим комитетом ФГБУ ФНЦ ВНИИФК (протокол № 2 от 01 апреля 2021 г.) и проведенном в соответствии с Хельсинкской декларацией, принял участие 21 биатлонист мужской сборной команды России. Накануне эксперимента спортсменам запрещалось вы-

полнение развивающих нагрузок циклического и силового характера. Все участники исследования добровольно подписали информированное согласие на участие в исследовании, медицинское вмешательство, использование информации в научных целях и публикацию результатов при условии соблюдения анонимности. Биохимический мониторинг осуществлялся на протяжении трех лет (2021–2023 гг.) после пятидневного восстановительного микроцикла в середине общеподготовительного (ОПЭ) и специально-подготовительного этапов (СПЭ). В рамках предсоревновательного этапа (ПСЭ) биохимический контроль проводился после 4-недельного мезоцикла, включающего 2 «ударных» микроцикла продолжительностью 7 дней и 2 восстановительно-поддерживающих 7-дневных микроцикла с умеренным объемом низко- и высокоинтенсивных упражнений. Антропометрические характеристики спортсменов представлены в табл. 1.

Гематологические показатели периферической крови, включая лейкоциты, лимфоциты, нейтрофилы и тромбоциты, измеряли на автоматическом гематологическом анализаторе XN-1000 (Sysmex Corporation, Япония). Расчеты выполнены с использованием пакета IBM STATISTICA для Windows, версия 10.0 (StatSoft. Inc, США). Перед проведением статистического анализа параметры были проверены на нормальность с использованием теста Шапиро – Уилка. Для определения потенциальных корреляций между количеством лейкоцитов и Н/Л, Т/Л, ИСИБ были рассчитаны коэффициенты корреляции Пирсона. Критерий значимости всех статистических анализов установлен на уровне $p < 0,05$.

Таблица 1
Table 1

Антропометрические характеристики биатлонистов (n = 21)
Anthropometric measurements of biathletes (n = 21)

Показатель / Parameter	Значение / Value
Возраст, лет / Age, years	24,2 ± 3,17
Масса тела, кг / Body mass, kg	75,8 ± 7,70
Длина тела, см / Body length, cm	180,4 ± 6,99
Индекс массы тела, кг/м ² / Body mass index, kg/m ²	23,3 ± 1,38
Мышечный компонент, % / Body muscle, %	51,8 ± 1,58
Масса мышц, кг / Muscle mass, kg	39,4 ± 4,55
Жировой компонент, % / Body fat, %	9,6 ± 1,55
Тощая масса верхней части тела/масса тела, % / Upper body lean mass/body mass, %	15,4 ± 1,09
Тощая масса нижней части тела/масса тела, % / Lower body lean mass/body mass, %	20,6 ± 1,90
МПК, мл/кг/мин / VO _{2 max} , ml/kg/min	66,60 ± 4,47

Результаты. Тип адаптационной реакции у биатлонистов под воздействием выполненных нагрузок определяли по методике, разработанной Л.Х. Гаркави с соавт. [1] и адаптированной Г.А. Макаровой [2]. Среднегрупповые значения маркеров клеточного интегративного иммунитета, измеренных в крови биатлонистов на различных этапах подготовительного периода, при разных типах адаптационных реакций организма, представлены в табл. 2.

Сравнительный анализ среднегрупповых значений Н/Л и ИСИБ выявил достоверно значимые отличия между всеми типами неспецифических адаптационных реакций организма ($p < 0,05$), в то время как различия в Т/Л были достоверны только между реакциями «хронический стресс» и «переактивация» ($p < 0,05$).

Выявлена достоверно положительная взаимосвязь общего количества лейкоцитов с Н/Л ($r = 0,42$; $p < 0,05$) и ИСИБ ($r = 0,56$; $p < 0,05$), подчеркивающая их потенциал в качестве иммунологических маркеров, тогда как взаимосвязь лейкоцитов с Т/Л отсутствовала. Корреляция между количеством лейкоцитов и маркерами клеточного интегративного иммунитета Н/Л и ИСИБ вполне очевидна, поскольку последние частично рассчитываются с использованием подмножеств первых, однако в зависимости от распределения различных популяций лейкоцитов и количества тромбоцитов не может быть гарантирована по умолчанию [12]. Таким образом, с одной стороны, Н/Л и ИСИБ могут использоваться в качестве маркеров оценки иммунологических

Таблица 2
Table 2

Среднегрупповые значения маркеров клеточного интегративного иммунитета, измеренные в крови биатлонистов (n = 21), при различных типах адаптационной реакции организма
Mean group values of cellular integrative immune markers in biathletes (n = 21) at different adaptive responses

Маркер Marker	Тип адаптационной реакции Adaptive response				
	Хронический стресс Chronic stress	Тренировка Training	Спокойная активация Smooth activation	Повышенная активация Enhanced activation	Переактивация Overactivation
Общеподготовительный этап / General preparation					
Н/Л, усл. ед. NLR, с. у.	2,88 ± 0,22*#	1,83 ± 0,14*	1,49 ± 0,15*	1,15 ± 0,07*	0,85 ± 0,13*#
Т/Л, усл. ед. PLR, с. у.	131,1 ± 25,6#	132,7 ± 21,6	122,0 ± 30,5	112,6 ± 20,6	99,8 ± 17,5#
ИСИБ, ×10 ⁹ /л SI, ×10 ⁹ /л	540,6 ± 106,9*#	446,0 ± 84,8*	367,6 ± 78,6*	310,8 ± 75,7*	187,2 ± 34,6*#
Специально-подготовительный этап Specific preparation					
Н/Л, усл. ед. NLR, с. у.	3,39 ± 0,92*#	1,9 ± 0,3*	1,47 ± 0,2*	1,19 ± 0,1*	0,90 ± 0,1*#
Т/Л, усл. ед. PLR, с. у.	153,9 ± 20,3#	132,3 ± 29,0	121,2 ± 31,6	113,7 ± 22,9	112,6 ± 24,3#
ИСИБ, ×10 ⁹ /л SI, ×10 ⁹ /л	899,7 ± 128,9*#	443,0 ± 105,7*	340,2 ± 64,5*	273,9 ± 48,2*	235,1 ± 50,3*#
Предсоревновательный этап Pre-competitive stage					
Н/Л, усл. ед. NLR, с. у.	–	2,00 ± 0,25*#	1,49 ± 0,15*	1,19 ± 0,09*	0,88 ± 0,12*#
Т/Л, усл. ед. PLR, с. у.	–	124,6 ± 21,4	107,2 ± 17,0	109,8 ± 19,6	103,4 ± 24,3
ИСИБ, ×10 ⁹ /л SI, ×10 ⁹ /л	–	464,1 ± 94,7*#	330,1 ± 67,3*	281,6 ± 68,7*	200,7 ± 27,5*#

Примечания: * – различия достоверны при уровне значимости $p < 0,05$; # – различия между реакциями «хронический стресс» и «переактивация» достоверны при уровне значимости $p < 0,05$.

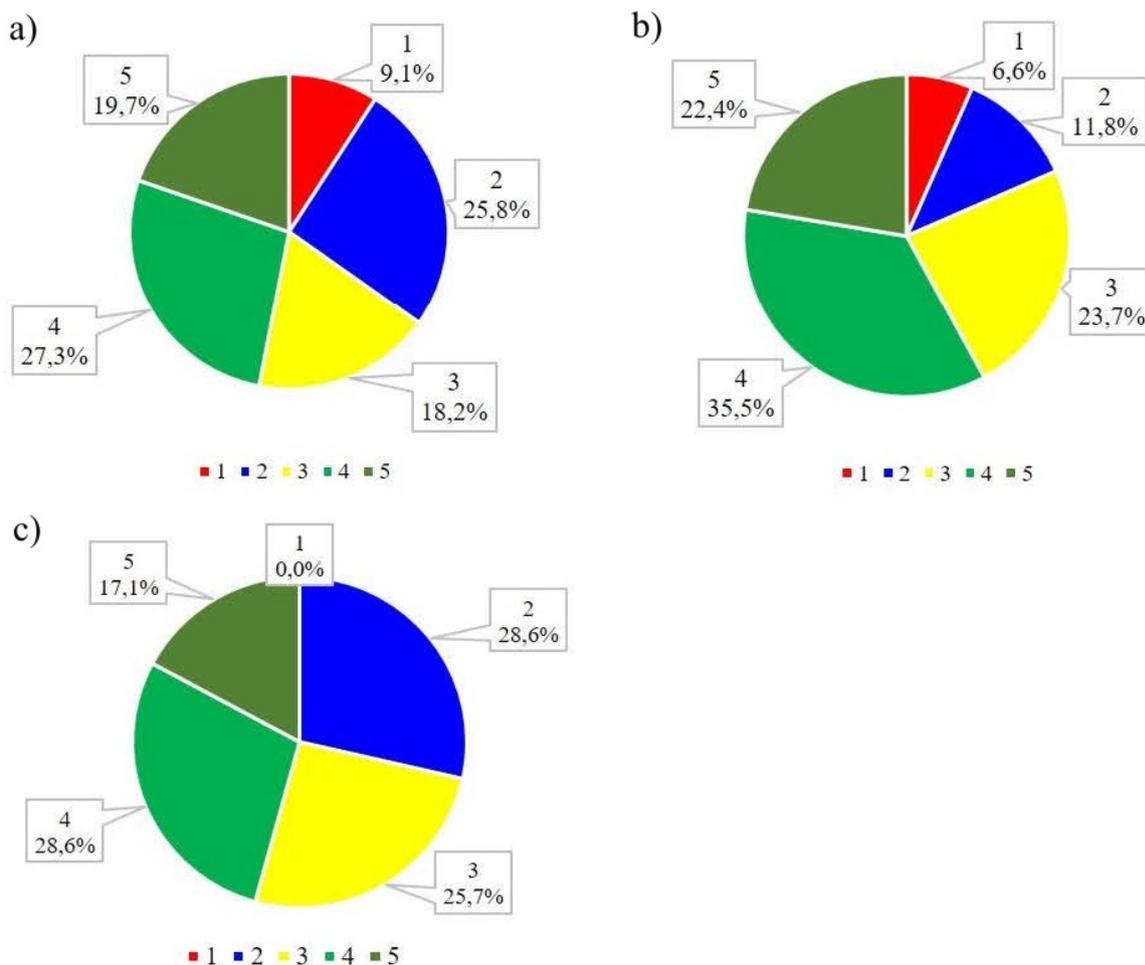
Note: * – level of significance at $p < 0.05$; # – level of significance between “chronic stress” and “overactivation” at $p < 0.05$.

изменений у спортсменов. С другой стороны, Н/Л объединяет две стороны иммунной системы: врожденный иммунный ответ, главным образом осуществляемый нейтрофилами, и адаптивный иммунитет, поддерживаемый лимфоцитами, а ИСИВ благодаря интеграции маркеров нейтрофилии, лимфоцитопении и тромбоцитоза, вызванных физической нагрузкой, отражает общий или местный иммунный ответ и уровень воспаления организма. В этой связи ИСИВ может рассматриваться в качестве прогностического маркера с целью изучения (противо)воспалительных реакций и состояний в области иммунологии и использоваться в качестве персонализированного маркера восстановления в контексте периодизации тренировочного процесса.

На рисунке представлены диаграммы час-

тот возникновения различных типов неспецифических адапционных реакций организма биатлонистов под воздействием физических нагрузок, выполненных на различных этапах подготовительного периода.

Доминирующими типами адаптаций в течение подготовительного периода являлись «спокойная» и «повышенная активация» – 22,0 и 31,1 % соответственно, что согласуется с данными работы [3]. Частота возникновения реакций «тренировка», «хронический стресс» и «переактивация» на протяжении периода составила 20,3, 6,2 и 2,3 % соответственно. Частота возникновения «спокойной активации» от ОПЭ (18,2 %) к ПСЭ (25,7 %) увеличилась, а наибольшее количество случаев «повышенной активации» зафиксировано на СПЭ – 35,5 %. Реакция «тренировка» чаще



Частота возникновения разных типов адаптаций клеток иммунной системы биатлонистов под воздействием физических нагрузок на различных этапах подготовительного периода: а – общеподготовительный этап, б – специально-подготовительный этап, с – предсоревновательный этап; 1 – «хронический стресс», 2 – «тренировка», 3 – «спокойная активация», 4 – «повышенная активация», 5 – «переактивация»
Occurrence rate of different immune responses in biathletes under exercise at various stages of early season: а – general preparation, б – specific preparation, с – pre-competitive stage, 1 – “chronic stress”, 2 – “training”, 3 – “smooth activation”, 4 – “enhanced activation”, 5 – “overactivation”

проявлялась на ОПЭ (25,8 %) и ПСЭ (28,6 %) по сравнению со СПЭ (11,8 %).

В рамках ОПЭ и СПЭ частота встречаемости реакций «переактивация» и «хронический стресс» превышала таковые, зафиксированные на ПСЭ, для которого характерно увеличение доли реакций, обладающих антистрессорным характером («тренировка», «спокойная» и «повышенная активация»). На ПСЭ случаев проявления адаптационной реакции «хронический стресс», способной выступать предиктором предпатологического состояния, зафиксировано не было. Частота возникновения реакций «переактивация» и «повышенная активация» при переходе от ОПЭ к СПЭ увеличивалась с 19,7 до 22,4 % и с 27,3 до 35,5 % соответственно, а доля реакции «тренировка», напротив, уменьшалась с 25,8 до 11,8 %.

Реакции «тренировка» и «повышенная активация», обладающие антистрессовым характером, характеризуются высокой функциональной активностью симпатoadреномедуллярной и гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой (ГГН) осей, а также клеточного иммунитета. В случаях возникновения реакции «переактивация» создается угроза перенапряжения той или иной ведущей системы, в результате чего организм пытается сохранить напряженную ответную реакцию в ответ на стресс без срыва адаптации, то есть перехода в реакцию «хронический стресс». В этом случае чрезмерная интенсификация тренировочного процесса с целью достижения определенных морфофункциональных перестроек в системах или мобилизации организма с целью проявления предельного уровня работоспособности становится невозможной.

Важно подчеркнуть, что маркеры клеточ-

ного интегративного иммунитета являются индикаторами воспаления, отражающими клеточные изменения в кровотоке. В отличие от маркеров повреждения мышечной ткани, таких как КФК, они не позволяют оценить возникновение повреждения тканей или связанные с ними процессы восстановления. Следовательно, маркеры клеточного интегративного иммунитета следует рассматривать в качестве маркеров общего воспаления при различных типах адаптационной реакции организма на высокоинтенсивные нагрузки. Дальнейшие исследования должны быть сосредоточены на оценке Н/Л и ИСИВ у спортсменов и их стратификации по возрасту, полу, статусу тренировок и модальности упражнений с целью определения референтного диапазона.

Заключение. Определение типа адаптационной реакции с использованием маркеров клеточного интегративного иммунитета Н/Л и ИСИВ под воздействием высокоинтенсивных физических упражнений может служить полезным инструментом оценки адекватности и переносимости тренировочных воздействий, процессов восстановления, а также прогнозирования возникновения утомления и повышенного риска восприимчивости спортсменов к инфекциям при различных типах адаптационных реакций у спортсменов под воздействием выполненных нагрузок. Дополнительный контроль за состоянием иммунной системы в сочетании с традиционной биохимической диагностикой в условиях тренировочного процесса может позволить более точно оценивать текущее функциональное состояние организма и прогнозировать угрозу срыва адаптации на ранних стадиях.

Список литературы / References

1. Гаркави Л.Х., Квакина Е.Б., Кузьменко Т.С., Шихлярова А.И. Антистрессорные реакции и активационная терапия. Ч. 1–2. Екатеринбург: Филантроп, 2002–2003. 416 с. [Garkavi L.Kh., Kvakina E.B., Kuz'menko T.S., Shikhlyarova A.I. *Antistressornye reaksii i aktivatsionnaya terapiya*. Ch. 2 [Anti-stress Reactions and Activation Therapy. Part 2]. Ekaterinburg, Filantrop Publ., 2002–2003. 416 p.]
2. Макарова Г.А. Спортивная медицина. М.: Совет. спорт, 2006. 480 с. [Makarova G.A. *Sportivnaya meditsina* [Sports Medicine]. Moscow, Soviet Sport Publ., 2006. 480 p.]
3. Рыбина И.Л., Михеев А.А., Нехвядович А.И. Адаптационные изменения гомеостаза под влиянием высокоинтенсивных физических нагрузок // Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. 2016. Т. 93, № 1. С. 21–24. [Rybina I.L., Mikheev A.A., Nekhvyadovich A.I. [Adaptive Changes in Homeostasis Affected by High-intensity Physical Load]. *Voprosy kurortologii, fizioterapii i lechebnoy fizicheskoy kul'tury* [Issues of Balneology, Physiotherapy and Therapeutic Physical Culture], 2016, vol. 93, no. 1, pp. 21–24. (in Russ.)] DOI: 10.17116/kurort2016121-24
4. Bogdanis G.C., Philippou A., Stavrinou P.S., Tenta R. Acute and Delayed Hormonal and Blood Cell Count Responses to High-Intensity Exercise before and after Short-Term High-Intensity Interval Training. *Research in Sports Medicine*, 2021, no. 30 (4), pp. 400–1414. DOI: 10.1080/15438627.2021.1895783

5. Wahl P., Mathes S., Bloch W., Zimmer P. Acute Impact of Recovery on the Restoration of Cellular Immunological Homeostasis. *International Journal of Sports Medicine*, 2020, no. 41 (1), pp. 12–20. DOI: 10.1055/a-1015-0453
6. Zeng P., Jiang C., Liu A., Yang X. Association of Systemic Immunity-inflammation Index with Metabolic Syndrome in U.S. Adult: a Cross-sectional Study. *BMC Geriatrics*, 2024, no. 24 (1), p. 61. DOI: 10.1186/s12877-023-04635-1
7. Zacher J., Wesemann F., Joisten N., Walzik D. Cellular Integrative Immune Markers in Elite Athletes. *International Journal of Sports Medicine*, 2023, no. 44 (4), pp. 298–308. DOI: 10.1055/a-1976-6069
8. Gonçalves C.A.M., Dantas P.M.S., dos Santos I.K., Dantas M. Effect of Acute and Chronic Aerobic Exercise on Immunological Markers: a Systematic Review. *Frontiers in Physiology*, 2020, no. 10, p. 1602. DOI: 10.3389/fphys.2019.01602
9. Gleeson M. Immune Function in Sport and Exercise. *Journal of Applied Physiology*, 2007, no. 103 (2), pp. 693–699. DOI: 10.1152/jappphysiol.00008.2007
10. Mathes S., Mester J., Bloch W., Wahl P. Impact of High-Intensity and High-Volume Exercise on Short-Term Perturbations in the Circulating Fraction of Different Cell Types. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 2017, no. 57 (1–2), pp. 130–137. DOI: 10.23736/S0022-4707.16.05860-6
11. Song M., Graubard B.I., Rabkin C.S., Engels E.A. Neutrophil-to-Lymphocyte Ratio and Mortality in the United States General Population. *Scientific Reports*, 2021, no. 11, pp. 464. DOI: 10.1038/s41598-020-79431-7
12. Zhang X., Li S., Wang J., Liu F. Relationship between Serum Inflammatory Factor Levels and Differentiated Thyroid Carcinoma. *Technology in Cancer Research & Treatment*, 2021, no. 20, 1533033821990055. DOI: 10.1177/1533033821990055
13. Hu B., Yang X.R., Xu Y., Sun Y.F. Systemic Immune-Inflammation Index Predicts Prognosis of Patients after Curative Resection for Hepatocellular Carcinoma. *Clinical Cancer Research*, 2014, no. 20 (23), pp. 6212–6222. DOI: 10.1158/1078-0432.CCR-14-0442
14. Walzik D., Joisten N., Zacher J., Zimmer P. Transferring Clinically Established Immune Inflammation Markers into Exercise Physiology: Focus on Neutrophil-to-Lymphocyte Ratio, Platelet-to-Lymphocyte Ratio and Systemic Immune-Inflammation Index. *European Journal of Applied Physiology*, 2021, no. 121 (7), pp. 1803–1814. DOI: 10.1007/s00421-021-04668-7

Информация об авторах

Дикунец Марина Александровна, кандидат химических наук, ведущий научный сотрудник, Федеральный научный центр физической культуры и спорта, Москва, Россия.

Дудко Григорий Алексеевич, старший научный сотрудник, Федеральный научный центр физической культуры и спорта, Москва, Россия.

Вирюс Эдуард Даниэлевич, доктор химических наук, ведущий научный сотрудник, Федеральный научный центр физической культуры и спорта, Москва, Россия.

Information about the authors

Marina A. Dikunets, Candidate of Chemical Sciences, Leading Scientist, Federal Scientific Center for Physical Culture and Sports, Moscow, Russia.

Grigory A. Dudko, Senior Scientist, Federal Scientific Center for Physical Culture and Sports, Moscow, Russia.

Eduard D. Virus, Doctor of Chemical Sciences, Leading Scientist, Federal Scientific Center for Physical Culture and Sports, Moscow, Russia.

Вклад авторов:

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors:

The authors contributed equally to this article.

The authors declare no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 01.03.2024

The article was submitted 01.03.2024