Дата публикации: 01.06.2025
DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_02_3
УДК 612.43

Publication date: 01.06.2025
DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_02_3
UDC 612.43

РЕГУЛЯТОРНАЯ РОЛЬ ГОРМОНАЛЬНОГО ПРОФИЛЯ В ИЗМЕНЕНИИ КЛЕТОЧНОГО СОСТАВА КРОВИ У СПОРТСМЕНОВ: СЕЗОННЫЕ И ДИСЦИПЛИНАРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ

М.Е. Васильева[1,2], В.А. Кащенко[3], Е.Р. Бойко[4]

[1]Федеральное государственное бюджетное учреждение «Северо-Западный окружной научно-клинический центр имени Л.Г. Соколова Федерального медико-биологического агентства», г. Санкт-Петербург, Россия

[2]Институт биологии Федерального исследовательского центра «Коми научный центр Уральского отделения Российской академии наук», г. Сыктывкар, Россия

[3]Клиника высоких технологий «Белоостров», с.п. Юкковское, Ленинградская область, Россия

[4]Институт физиологии Федерального исследовательского центра «Коми научный центр Уральского отделения Российской академии наук», г. Сыктывкар, Россия

Аннотация. Целью настоящего исследования являлось изучение возможных корреляций между показателями гормонов и клинического анализа крови для выявления закономерностей, отражающих адаптацию клеточного состава крови к физическим нагрузкам. Полученные результаты подтверждают участие гормонов в активизации процесса эритропоэза и усиления газотранспортной функции крови, а также их влияние на лейкоцитарный состав крови, механизмы активации клеточного иммунитета и передачи сигналов на ранних стадиях формирования иммунного ответа в условиях систематических интенсивных физических нагрузок. Наблюдаемые корреляции могут свидетельствовать о проявлении иммуносупрессивной функции тестостерона и кортизола на фоне формирования механизмов дезадаптации и напряженности иммунной системы при недостаточном восстановлении организма.

Ключевые слова: гормональный статус, клинический анализ крови, клеточный иммунитет, иммунный ответ, интенсивные тренировки, адаптация.

THE REGULATORY ROLE OF THE HORMONAL PROFILE IN MODULATING BLOOD CELL COMPOSITION IN ATHLETES: SEASONAL AND SPORT-SPECIFIC CHARACTERISTICS

M.E. Vasil'eva[1,2], V.A. Kashchenko[3], E.R. Bojko[4]

[1]Sokolov North-West District Research and Clinical Center, Federal Medical and Biological Agency of the Russian Federation, Saint-Petersburg, Russia

[2]Institute of Biology, Komi Science Center, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Syktyvkar, Russia

[3]Beloostrov High-Technology Clinic, Yukkovskoye Village, Leningrad Oblast, Russia

[4]Institute of Physiology, Komi Science Center, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Syktyvkar, Russia

Abstract. The aim of the present study was to establish potential correlations between hormones and hematological parameters to identify patterns of blood cell adaptation to high-intensity physical activity. The study findings corroborate the involvement of hormones in the activation of erythropoiesis and the improvement of blood gas transport function, as well as their effect on white blood cell differential, mechanisms of cell-mediated immunity activation, and signal transduction at the early stages of immune response formation during periods of systematic, high-intensity physical exertion. The identified correlations may suggest the immunosuppressive properties of testosterone and cortisol in the context of maladaptive responses and immune system stress during periods of inadequate recovery.

Keywords: hormonal status, hematological parameters, cell immunity, immune response, intensive training, adaptation.

Введение. За последние десятилетия спортивная медицина, основной задачей которой является профилактика, диагностика и лечение травм и заболеваний у спортсменов, трансформировалась в многофункциональную область медицины. В ее рамках активно используются научные методы и технологические достижения,

направленные на улучшение эффективности тренировочного процесса и повышение спортивных результатов. Решающим фактором с точки зрения поддержания и дальнейшего улучшения работоспособности спортсменов является достижение оптимального баланса между тренировочной нагрузкой и восстановлением [1]. Его нарушение приводит к возникновению переутомления, повышению риска получения травм, ослаблению иммунной системы, изменениям гормонального фона и развитию психических расстройств [2, 3]. Хронический стресс и переутомление, в свою очередь, нередко сопровождаются снижением мотивации и интереса к тренировочной и соревновательной деятельности. При этом накопление соответствующих физиологических, иммунологических, биохимических и психологических признаков тренировочного стресса может приводить к развитию состояния, определяемого как синдром перетренированности [4, 5].

Во избежание нарушения баланса между физическими нагрузками во время тренировки и последующим восстановлением, с целью улучшения спортивных показателей, проверки качества питания и профилактики различных заболеваний необходим тщательный контроль за состоянием здоровья спортсменов. Одним из способов мониторинга состояния здоровья и отслеживания сопутствующих изменений и тенденций является регулярное выполнение клинического и биохимического анализа крови, а также анализа крови для определения уровня гормонов, отражающих процессы нейрогуморальной регуляции механизмов физиологической адаптации к условиям физической нагрузки [6, 7].

Взаимодействие нервной и эндокринной систем во время интенсивной физической нагрузки или под действием других стрессовых факторов реализуется прежде всего посредством гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой оси с целью регуляции работы сердечно-сосудистой системы и обеспечения метаболического гомеостаза. На фоне увеличения энергопотребления гипоталамус, гипофиз и периферические эндокринные железы синтезируют другие гормоны (соматотропный гормон, пролактин, дофамин, мелатонин, тестостерон, тироксин, инсулиноподобный фактор роста-1 и др.), обеспечивающие физиологическую адаптацию организма [8, 9]. Известно, что адаптивные секреторные реакции гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой оси определяются целым рядом факторов. В их число входят интенсивность и продолжительность тренировок, качество питания, энергетический баланс, пол и возраст спортсмена и т.д. В литературе представлены многочисленные данные, отражающие изменения концентрации гормонов в зависимости от указанных выше и других факторов. Так, например, в одном исследовании были выявлены статистические значимые различия в концентрации гормонов в зависимости от вида спорта [10].

В литературе уделяется особое внимание диагностической важности клинического анализа крови при определении физиологических и патологических изменений в организме спортсмена на разных этапах тренировочного процесса [11]. В частности, эритроциты являются одним из основных компонентов системы транспорта молекул O_2 и CO_2 в организме. Данные клетки крови также участвуют в высвобождении АТФ и оксида азота, которые играют важную роль в сосудистой регуляции и обеспечении кровоснабжения мышечной ткани. Увеличение общего объема плазмы крови в процессе адаптации сердечно-сосудистой системы к интенсивным физическим нагрузкам на фоне физиологически низкой скорости эритропоэза может приводить к развитию так называемой спортивной анемии [12], характеризующейся нормализацией показателей по завершении процесса адаптации. Между тем андрогены, обладающие анаболическим действием, в частности, тестостерон, оказывают стимулирующее действие на процесс эритропоэза [13, 14].

В связи с этим целью исследования является изучение возможных корреляций между показателями гормонов и клинического анализа крови и особенностями тренировочного процесса. Это позволит выявить новые закономерности, отражающие механизмы адаптации клеточного состава крови к

физическим нагрузкам, снизить риски перетренированности и сопутствующих нарушений, а также положить основу для разработки новых стратегий планирования тренировок и повышения спортивных результатов.

Методы и организация исследования. Исследование проведено на базе ФГБУ «Северо-Западный окружной научно-клинический центр имени Л.Г. Соколова ФМБА» (г. Санкт-Петербург) в период с 21.08.2017 г. по 03.10.2023 г. (протокол ЛЭК № 2 от 27.02.2023 г.).

В исследование было включено 114 спортсменов мужского пола (средний возраст 20,04±4,05), в том числе 41 спортивный гребец (36,0%), 30 футболистов (26,3%), 22 биатлониста (19,3%) и 21 пловец (18,4%). Перед включением в исследование спортсмены предоставили подписанное информированное согласие на участие. Среди участников исследования преобладали спортсмены, занимающиеся спортом более 10 лет (n=78; 68,4%), среди которых превалировали гребцы (n=33). Большинство участников исследования (n=83) на момент его проведения находились на общеподготовительном этапе, а остальные проходили этап специальной подготовки (n=15), участвовали в соревнованиях (n=9) или завершали восстановительный период (n=7).

При включении в исследование проводили измерение физических параметров тела участников (рост, вес и объемы тела) и основных показателей жизнедеятельности (артериальное давление и частота сердечных сокращений), а также регистрировали характеристики тренировочной нагрузки с указанием количества тренировочных дней в неделю и средней продолжительности тренировок (табл. 1).

Для выявления корреляций между показателями гормонов и индексами клинического анализа крови, было проведено лабораторное исследование образцов венозной крови. Забор крови осуществлялся из локтевой вены утром строго натощак с 7:00 до 9:00 часов. Последняя тренировка до взятия образцов была проведена в предыдущий день.

Для выполнения общего анализа крови применялся автоматизированный гематологический анализатор, работающий на основе импедансного метода подсчета клеток и лазерной проточной цитометрии.

В сыворотке крови иммуноферментным методом (анализатор Mindray CL-2000i (Mindray Bio-Medical Electronics Co., Ltd., Китай) определяли уровни тиреотропного гормона (ТТГ; мкМЕ/мл), свободного тироксина ($T4_{св}$; пмоль/л), пролактина (мкЕд/мл), соматотропного гормона (СТГ; нг/мл), тестостерона (нмоль/л) и кортизола (нмоль/л).

Статистическая обработка полученных данных выполнена с помощью программных пакетов Statistica 10 и SAS JMP 11. Числовые значения параметров различных групп представлены в виде медианы и межквартильного размаха, что обеспечивает более точное отображение данных, поскольку большинство показателей демонстрируют отклонения от нормального распределения (согласно критериям Шапиро-Уилка и Колмогорова-Смирнова). Сопоставление групп по числовым показателям осуществляли с помощью непараметрических критериев Манна-Уитни (две группы) или Крускала-Уоллеса (три и более групп). Для установления статистической значимости различий между группами по бинарным и номинальным показателям применялся критерий χ^2 Пирсона. Корреляционный анализ проводили с помощью непараметрической ранговой корреляции по Спирмену при уровне статистической значимости менее 0,05. Оценку относительного разброса и описание однородности показателя выполняли с использованием коэффициента вариации.

Результаты исследования и их обсуждение. В исследовании все участники были разделены по возрастным группам: до 20 лет (n=63; 55,3%) и более 20 лет (n=51; 44,7%), при этом средний возраст исследуемой популяции составил 20,04±4,05 лет. Основные показатели тренировочной нагрузки и антропометрические данные участников исследования приведены в таблице 1.

Таблица 1

Характеристики физической нагрузки и основные физические параметры тела исследуемых спортсменов, Me [Q1; Q3]

Показатель	Вид спорта			
	Биатлон (n=22)	Гребля (n=41)	Плавание (n=21)	Футбол (n=30)
Возраст, лет	20,00 [18,00; 21,00]	21,00 [17,00; 25,00]	23,00 [19,00; 24,00]	17,00 [16,00; 17,00]
Вес, кг	67,95 [65,22; 76,68]	88,90 [80,47; 95,30]	82,50 [74,20; 87,18]	71,70 [66,30; 74,10]
Рост стоя, см	177,05 [173,90; 181,02]	187,20 [182,32; 196,95]	187,10 [179,82; 190,15]	179,00 [174,80; 183,80]
Стаж занятия данным видом спорта, лет	12,00 [11,00; 13,00]	13,00 [11,00; 15,00]	14,00 [11,00; 17,00]	10,00 [8,25; 11,00]
Количество тренировок в неделю, дней	10,00 [10,00; 12,00]	12,00 [10,00; 13,00]	10,00 [10,00; 10,00]	6,00 [6,00; 6,00]
Средняя длительность тренировки, ч.	2,50 [2,00; 2,50]	2,00 [2,00; 2,50]	2,00 [2,00; 2,00]	4,00 [2,25; 5,00]

Корреляционный анализ набора данных исследуемой популяции спортсменов (n=114) по методу ранговой корреляции Спирмена позволил установить наличие слабых, но статистически значимых корреляций ($p \leq 0,05$) между показателями гормонов (табл. 2) и гематологическими показателями (табл. 3). Помимо корреляций в общей выборке также были исследованы взаимосвязи между исследуемыми показателями с разбивкой по спортивным дисциплинам и временам года.

Тиреотропный гормон

Концентрация тиреотропного гормона (ТТГ) в общей группе обследованных спортсменов положительно коррелировала с относительным количеством лимфоцитов ($r=0,22$) при наличии отрицательной корреляции данного гормона с относительным количеством сегментоядерных нейтрофилов ($r=-0,19$) при $p \leq 0,05$. При проведении анализа корреляций с разбивкой по видам спорта у пловцов (n=21) было выявлено наличие более сильной положительной взаимосвязи между концентрацией ТТГ и относительным содержанием лимфоцитов ($r=0,61$; $p \leq 0,01$) и отрицательной взаимосвязи данного гормона с абсолютным ($r=-0,6$; $p \leq 0,05$) и относительным ($r=-0,56$; $p \leq 0,01$) количеством сегментоядерных нейтрофилов.

Таблица 2

Показатели гормонов в крови спортсменов разных видов спорта, Me [Q1; Q3]

Показатель	Общая выборка (n=114)	Вид спорта			
		Биатлон (n=22)	Гребля (n=41)	Плавание (n=21)	Футбол (n=30)
Пролактин, мкЕД/мл	192,32 [151,51; 244,92]	204,52 [148,88; 252,47]	198,86 [165,34; 235,84]	182,12 [143,35; 279,69]	172,08 [149,44; 223,38]
Тестостерон, нмоль/л	21,40 [16,53; 24,62]	25,30 [19,98; 37,66]	21,45 [17,52; 23,98]	19,20 [15,42; 22,40]	19,55 [14,68; 24,40]
ТТГ, мкЕД/мл	2,28 [1,71; 3,24]	2,24 [1,78; 3,49]	2,24 [1,79; 3,35]	2,49 [1,67; 3,02]	2,30 [1,64; 3,19]
$T4_{св}$, пмоль/л	14,86 [12,80; 16,31]	15,24 [12,61; 16,28]	14,84 [13,59; 15,76]	15,08 [13,40; 17,02]	14,08 [12,49; 15,90]
Кортизол, нмоль/л	481,32 [384,61; 576,09]	481,32 [407,54; 614,91]	470,40 [394,44; 590,79]	508,02 [411,40; 535,11]	468,86 [367,44; 575,12]

Таблица 3

Показатели общего анализа крови спортсменов разных видов спорта, Me [Q1; Q3]

Показатель	Общая выборка (n=114)	Вид спорта			
		Биатлон (n=22)	Гребля (n=41)	Плавание (n=21)	Футбол (n=30)
Гемоглобин, г/л	157,00 [151,00; 163,00]	159,50 [151,75; 164,00]	158,00 [154,00; 165,00]	158,00 [155,00; 165,00]	152,00 [145,50; 157,75]
Эритроциты, 10^{12}/л	5,16 [4,98; 5,36]	5,22 [5,01; 5,54]	5,17 [5,08; 5,41]	5,19 [5,06; 5,31]	5,00 [4,84; 5,21]
MCH, пг	30,30 [29,25; 31,28]	30,50 [29,45; 31,25]	30,00 [29,20; 31,20]	30,50 [29,80; 31,60]	30,25 [29,18; 30,98]
RDW, %	12,00 [11,70; 12,40]	11,80 [11,62; 12,00]	11,90 [11,70; 12,20]	12,20 [11,80; 12,40]	12,20 [11,75; 12,48]
Гематокрит, %	46,70 [45,22; 48,28]	47,35 [45,50; 48,72]	46,90 [45,90; 49,10]	46,70 [45,60; 48,70]	45,70 [43,22; 47,58]
MCV, фл	90,10 [88,22; 92,18]	89,85 [87,28; 92,05]	90,10 [88,40; 91,50]	90,40 [88,40; 91,60]	90,10 [88,52; 92,88]
Тромбоциты, 10^9/л	224,00 [199,25; 256,75]	239,50 [203,00; 270,00]	221,00 [199,00; 243,00]	218,00 [187,00; 257,00]	231,00 [200,75; 276,75]
Лейкоциты, 10^9/л	5,40 [4,60; 6,07]	5,05 [4,43; 5,75]	5,60 [4,70; 6,20]	5,70 [5,10; 6,10]	5,15 [4,53; 5,80]
Сегментоядерные нейтрофилы, %	52,55 [46,90; 57,45]	54,00 [47,08; 60,98]	52,10 [46,90; 57,30]	52,40 [47,00; 59,80]	51,40 [46,38; 55,08]
Сегментоядерные нейтрофилы, 10^9/л	2,78 [2,25; 3,33]	2,65 [2,31; 3,21]	2,86 [2,25; 3,47]	3,08 [2,72; 3,74]	2,47 [2,11; 3,06]
Эозинофилы, %	2,20 [1,40; 3,41]	2,00 [1,35; 2,80]	1,90 [1,10; 3,00]	3,00 [2,00; 3,41]	2,90 [2,20; 4,07]
Эозинофилы, 10^9/л	0,11 [0,08; 0,18]	0,09 [0,06; 0,11]	0,10 [0,06; 0,14]	0,13 [0,10; 0,18]	0,16 [0,11; 0,25]
Базофилы, %	0,50 [0,30; 0,80]	0,50 [0,40; 1,20]	0,40 [0,30; 0,70]	0,50 [0,30; 0,70]	0,60 [0,40; 0,80]
Базофилы, 10^9/л	0,02 [0,01; 0,03]	0,02 [0,01; 0,05]	0,02 [0,01; 0,03]	0,02 [0,01; 0,03]	0,02 [0,01; 0,05]
Лимфоциты, %	36,85 [31,42;41,45]	33,40 [29,35; 41,30]	37,50 [29,20; 42,50]	37,20 [31,30; 41,60]	36,10 [33,38; 39,95]
Лимфоциты, 10^9/л	1,84 [1,54; 2,18]	1,58 [1,48; 1,84]	2,08 [1,74; 2,28]	1,90 [1,76; 2,39]	1,74 [1,50; 1,98]
Моноциты, %	7,55 [6,02; 8,98]	6,80 [5,72; 8,30]	7,90 [6,40; 9,30]	7,30 [5,60; 8,90]	7,60 [6,82; 9,38]
Моноциты, 10^9/л	0,38 [0,33; 0,46]	0,34 [0,28; 0,41]	0,40 [0,37; 0,46]	0,38 [0,30; 0,50]	0,38 [0,34; 0,45]
СОЭ, мм/ч	2,00 [2,00;2,00]	2,00 [2,00; 2,00]	2,00 [2,00; 2,00]	2,00 [2,00; 3,00]	2,00 [2,00; 2,75]

В целом ТТГ и гормоны щитовидной железы играют важную роль в регуляции энергетического обмена и метаболической адаптации при длительных физических нагрузках. Большинство исследователей сходятся во мнении, что интенсивные спортивные тренировки сопровождаются снижением уровней данных гормонов. Возможно, такое явление происходит вследствие катаболических процессов в организме на фоне избыточной выработки кортизола [15, 16]. Согласно M. Okutsu и соавт. данный гормон обладает способностью опосредовать лимфопению посредством активации хемокинового рецептора CXCR4 на лимфоцитах [17]. При этом кортизол может являться одним из факторов, способствующих формированию

нейтрофилии и лейкоцитоза после интенсивной тренировки [7, 18]. Выраженность данных процессов среди пловцов, возможно, объясняется тем, что в данной группе отмечены наибольшие показатели длительности занятия данным видом спорта по сравнению с другими группами (табл. 1).

Кроме того, обращает на себя внимание тот факт, что уровень ТТГ положительно коррелирует с относительным и абсолютным содержанием лимфоцитов (r=0,47 и r=0,54 соответственно; p≤0,05) по результатам анализа образцов крови, полученных в зимний период. Для данного времени года характерен сезонный подъем заболеваемости острыми респираторными вирусными заболеваниями. При этом известно, что ТТГ принимает участие в активации клеточного иммунитета и опосредует передачу сигналов на ранних стадиях формирования иммунного ответа [19].

Отрицательная корреляция ТТГ с абсолютным и относительным количеством моноцитов (r=-0,57 и r=0,55 соответственно; p≤0,05), отмеченная в весенний период, по всей вероятности, отражает специфичность реакции клеточного иммунитета. Моноциты обеспечивают эффективность происходящих в тканях генеративных процессов и могут активироваться в результате сосудистого стресса. При этом функциональная активация моноцитов может сопровождаться компенсацией их количественных показателей. Вместе с тем экспериментальное введение ТТГ в одном из исследований способствовало увеличению экспрессии генов проатерогенных моноцитов [20]. В летний период была отмечена положительная корреляция данного гормона с ретикулоцитами (r=0,47; p≤0,05), что может свидетельствовать об активизации процесса эритропоэза и усиления газотранспортной функции крови.

Свободный тироксин

У исследуемых спортсменов прослеживалась статистически значимая положительная корреляция свободного тироксина ($T4_{св}$) с абсолютным количеством лейкоцитов и относительным количеством ретикулоцитов (r=0,21 и r=0,2 соответственно) при p≤0,05. Гормоны щитовидной железы играют важную роль в обеспечении адаптации организма к физическим нагрузкам.

Вместе с тем литературные данные, полученные по результатам измерения показателей данных гормонов у спортсменов, весьма противоречивы, и в целом не позволяют сделать однозначные выводы относительно снижения или повышения их уровня на фоне интенсивных тренировок [21].

В нашем исследовании была отмечена положительная корреляция $T4_{св}$ с количеством лейкоцитов. Это отражает гормональное влияние на лейкоцитарный состав крови у спортсменов при обеспечении максимально благоприятных условий для функционирования органов и систем организма на фоне физических нагрузок без существенного повышения концентрации кортизола в крови. Лейкоцитоз представляет собой одно из проявлений иммунного ответа организма, находящегося в тесной взаимосвязи с процессами метаболизма гормонов щитовидной железы. При этом нейтрофилы, составляющие 50-75% пула циркулирующих лейкоцитов, являются одним из ключевых компонентов внутриклеточного метаболизма тиреоидных гормонов, участвуя в выработке их транспортеров и рецепторов [22, 23]. В связи с этим представляется обоснованной установленная нами значимая положительная корреляция $T4_{св}$ с относительным содержанием нейтрофилов в группе пловцов (r=-0,52; p≤0,05).

В числе внутригрупповых взаимосвязей установлены положительная корреляция с абсолютным числом эритроцитов (r=-0,47; p≤0,01) и отрицательные корреляции со средним содержанием гемоглобина в эритроците (mean concentration hemoglobin, MCH) и средним объемом эритроцита (mean corpuscular volume, MCV), составляющие r=-0,62 и r=-0,6 соответственно при p≤0,01. Данные взаимосвязи наряду с указанной выше положительной корреляцией $T4_{св}$ с относительным количеством ретикулоцитов в общей популяции могут быть обусловлены существующей в условиях интенсивных тренировок необходимостью повышения эффективности функционирования газотранспортной системы, что в том числе достигается за счет увеличения числа

эритроцитов при сохранении оптимальной вязкости крови [24].

По результатам анализа образцов крови, взятых в летний период, прослеживалась положительная корреляция $T4_{св}$ с абсолютным содержанием тромбоцитов ($r=0,4$; $p\leq0,05$). Данная взаимозависимость согласуется с результатами исследования S.H. Ijaz и соавт., которые установили наличие прямой взаимосвязи между концентрацией $T4_{св}$ в сыворотке крови и абсолютным числом тромбоцитов в большой популяции здоровых людей ($p<0,05$). На основании сделанных выводов авторы не исключают участие тиреоидных гормонов в процессе тромбопоэза, а также их способность увеличивать выживаемость тромбоцитов [25].

Пролактин

Физические нагрузки являются одним из факторов, способствующих колебаниям концентрации пролактина [26]. Несмотря на отсутствие корреляций данного гормона с показателями клинического анализа крови в общей популяции исследования нам удалось выявить некоторые закономерности, присущие отдельным сформированным по видам спорта группам спортсменов. Так, у биатлонистов наблюдалась умеренная положительная корреляция с абсолютным и относительным содержанием базофилов ($r=0,51$ и $r=0,49$ соответственно; $p<0,05$), а также положительная корреляция с содержанием миоглобина. Данные взаимосвязи представляются отражением иммунного ответа организма, характеризующегося помимо прочего повышением выработки пролактина, на интенсивные физические нагрузки, а также активацией экспрессии иммунных клеток [27]. В частности, в исследовании A. Markov и соавт. подтверждено опосредованное кортизолом и катехоламинами повышение уровня гранулоцитов после выполнения физических упражнений [23]. Еще одним подтверждением данной корреляции могут служить результаты другого исследования, в ходе которого в образцах крови, полученных у профессиональных футболистов в период завершения тренировочного сезона и отдыха, наблюдалось значительное снижение уровня базофилов и лимфоцитов [6].

Миоглобин – гемсодержащий белок скелетных мышц – входит в число основных диагностических маркеров мышечного повреждения. Механическая перегрузка мышц и их последующее повреждение, по всей вероятности, служат мощными триггерами острого гормонального ответа, направленного на восстановление мышечной ткани за счет метаболической адаптации и усиления синтеза белков. По данным исследований повышенная концентрация миоглобина в крови может сохраняться в течение нескольких суток после интенсивной физической нагрузки [28, 29].

Тестостерон и кортизол

Определение концентраций тестостерона и кортизола – признанных маркеров тренировочного стресса у спортсменов [30, 31] – имеет крайне важное значение с точки зрения оценки метаболических изменений, происходящих на фоне адаптации к физическим нагрузкам. Оба гормона отражают кислородтранспортные возможности систем крови и принимают непосредственное участие в обеспечении высокого уровня физической работоспособности [31, 32]. Тестостерон, наиболее активный андроген, реализует свое анаболическое действие посредством активации синтеза белков, тем самым обеспечивая развитие ткани скелетных мышц. Кортизол, регулируя обменные процессы с увеличением мобилизации аминокислот и липидов и образованием гликогена, осуществляет энергетическое обеспечение работающих мышц при интенсивной физической нагрузке и отражает степень стрессового воздействия на организм [1, 33].

Вместе с тем наблюдаемые в нашем исследовании корреляции могут свидетельствовать о проявлении иммуносупрессивной функции тестостерона и кортизола, а также формировании определенных механизмов дезадаптации и напряженности иммунной системы, свойственных спортсменам-профессионалам при недостаточном восстановлении организма после интенсивных физических нагрузок. Так, для общей популяции исследуемых спортсменов была характерна слабая отрицательная корреляция концентрации тестостерона с относительным количеством моноцитов

(r=-0,19; p<0,05). Более выраженный характер корреляция тестостерона с моноцитарным ответом имела в летний период, достигая r=-0,46 с относительным содержанием моноцитов и r=-0,53 с их абсолютным содержанием (p<0,05). Это позволяет сделать вывод о наибольшей чувствительности клеточно-макрофагального звена иммунитета к воздействию физических нагрузок в теплое время года. Вместе с тем наблюдаемое снижение фагоцитоза не затрагивает нейтрофильное и лимфоцитарное звенья клеточного иммунитета. Об этом свидетельствуют положительные корреляции уровня тестостерона с относительным и абсолютным содержанием нейтрофилов (r=0,35 и r=0,4 соответственно; p≤0,05) у гребцов и с относительным содержанием лимфоцитов (r=0,47; p≤0,05) у пловцов. Механизмы, лежащие в основе данных корреляций, требуют более глубокого изучения поскольку, как показывают предшествующие исследования, тестостерон способствует дифференцированию всех клеток, происходящих из миелоидного предшественника (эритроцитов и лейкоцитов). При этом он не оказывает значимого влияния на увеличение количества клеток лимфоидного генеза (лимфоцитов, базофилов и эозинофилов) [34]. Вместе с тем установленная нами взаимосвязь уровня тестостерона и количества нейтрофилов может отражать роль андрогенных стероидов в физиологическом диапазоне концентраций, регулировать механизмы воспаления и антиоксидантную защиту организма, реализуемую посредством усиления фагоцитарной активности нейтрофилов [35].

Выявленные корреляции показателей клинического анализа крови с кортизолом носили сезонный характер. Таким образом, можно отметить взаимосвязь сывороточной концентрации данного гормона с количеством лейкоцитов в летний период и с абсолютным содержанием тромбоцитов в зимний период. Эффект демаргинации лейкоцитов под действием кортизола может служить потенциальным объяснением наблюдаемой нами положительной корреляции уровня кортизола с количеством лейкоцитов (r=0,53; p≤0,01) при достаточной адаптивности организма в рассматриваемое время года. Однако исследователям не удалось прийти к однозначным выводам относительно роли тех или иных факторов роста и цитокинов [36]. Положительную корреляцию концентрации кортизола с абсолютным содержанием тромбоцитов (r=0,65; p≤0,01) следует рассматривать в случаях повышения числа тромбоцитов на фоне гиперкортицизма. Наряду с противовоспалительным и иммуносупрессивным действием, кортизол, как и другие глюкокортикоиды, способствует усилению окислительного стресса, сопровождающемуся более выраженной активацией и агрегацией тромбоцитов, а также снижением их антиоксидантной защиты [37].

Заключение. Результаты проведенного исследования подтверждают значимость влияния гормонального статуса высококвалифицированных спортсменов на адаптацию клеточного состава крови к физическим нагрузкам высокой интенсивности и длительности. Контроль указанных параметров в динамике позволяет с высокой степенью достоверности оценить индивидуальные особенности организма спортсменов в поддержании метаболического гомеостаза, а также отследить процессы формирования дезадаптации гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой системы и иммунной напряженности. Корреляции между показателями гормонов и клинического анализа крови выявляют регуляторную роль нейроэндокринной системы в регуляции механизмов воспаления и обеспечения антиоксидантной защиты организма в условиях систематических интенсивных мышечных нагрузок. Таким образом, регулярное проведение биохимического и клинического анализа крови дает возможность оценки состояния здоровья профессиональных спортсменов с целью достижения баланса между физической нагрузкой и уровнем восстановления, снижения риска переутомления и улучшения спортивных результатов.

Конфликт интересов. Авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.
Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Anabolic-catabolic hormonal responses in youth soccer players during a half-season / M. Andrzejewski, T. Podgórski, J. Kryściak [et al.] // Research in Sports Medicine. – 2021. – Vol. 29. – No. 2. – P. 141-154. DOI: 10.1080/15438627.2020.1734930.
2. Training, psychometric status, biological markers and neuromuscular fatigue in soccer / O. Selmi, I. Ouergui, D.E. Levitt [et al.] // Biology of Sport. – 2021. – Vol. 39. – No. 2. – P. 319. DOI: 10.5114/biolsport.2022.104065.
3. Reliability and suitability of physiological exercise response and recovery markers / T. Reichel, T.K. Boßlau, J. Palmowski [et al.] // Scientific Reports. – 2020. – Vol. 10. – P. 11924. DOI: 10.1038/s41598-020-69280-9.
4. Габитов, Т.Р. Цитокиновая теория синдрома перетренированности / Т.Р. Габитов, А.Л. Ясенявская, А.А. Цибизова // Современные вопросы биомедицины. – 2022. – Т. 6. – № 4(21). – С. 35-41. DOI: 10.51871/2588-0500_2022_06_04_4. [in English] Gabitov T.R., Yasenyavskaya A.L., Tsibizova A.A. Cytokine theory of overtraining syndrome. *Modern Issues of Biomedicine*, 2022, vol. 6, no. 4(21), pp. 35-41. DOI: 10.51871/2588-0500_2022_06_04_4.
5. Biomarker Response to a Competitive Season in Division I Female Soccer Players / A.J. Walker, B.A. McFadden, D.J. Sanders [et al.] // Journal of Strength and Conditioning Research. – 2019. – Vol. 33. – No. 10. – P. 2622-2628. DOI: 10.1519/JSC.0000000000003264.
6. Extensive monitoring through multiple blood samples in professional soccer players / M.F. Heisterberg, J. Fahrenkrug, P. Krustrup [et al.] // Journal of Strength and Conditioning Research. – 2013. – Vol. 27. – No. 5. – P. 1260-1271. DOI: 10.1519/JSC.0b013e3182653d17.
7. Hematological and Biochemical Parameters in Elite Soccer Players During A Competitive Half Season / M. Anđelković, I. Baralić, B. Đorđević [et al.] // Journal of Medical Biochemistry. – 2015. – Vol. 34. – No. 4. – P. 460-466. DOI: 10.2478/jomb-2014-0057.
8. Arslan, Ş. Endocrine responses in exercise / Ş. Arslan // European Journal of Physical Education and Sport Science. – 2020. – Vol. 6. – No. 5. DOI: 10.46827/ejpe.v6i5.3217.
9. Влияние спортивных нагрузок на работу эндокринной системы у мужчин / М.А. Берковская, А.А. Эльмурзаева, А.Л.-А. Эдаев [и др.] // Consilium Medicum. – 2024. – Т. 26. – № 4. – С. 263-268. DOI: 10.26442/20751753.2024.4.202697. [in English] Berkovskaya M.A., Elmurzaeva A.A., Edaev A.L.-A. et al. The impact of physical exercise on the endocrine system in men. *Consilium Medicum*, 2024, vol. 26, no. 4, pp. 263-268. DOI: 10.26442/20751753.2024.4.202697.
10. Why do endocrine profiles in elite athletes differ between sports? / P.H. Sönksen, R.I.G. Holt, W. Böhning [et al.] // Clinical Diabetes and Endocrinology. – 2018. – Vol. 4. – P. 3. DOI: 10.1186/s40842-017-0050-3.
11. Laboratory medicine: health evaluation in elite athletes / B. Lombardo, V. Izzo, D. Terracciano [et al.] // Clinical Chemistry and Laboratory Medicine (CCLM). – 2019. – Vol. 57. – No. 10. – P. 1450-1473. DOI: 10.1515/cclm-2018-1107.
12. Anemia in Sports: A Narrative Review / M.-T. Damian, R. Vulturar [et al.] // Life. – 2021. – Vol. 11. – No. 9. – P. 987. DOI: 10.3390/life11090987.
13. Warren, A.M. Haematological actions of androgens / A.M. Warren, M. Grossmann // Best Practice & Research. Clinical Endocrinology & Metabolism. – 2022. – Vol. 36. – No. 5. – P. 101653. DOI: 10.1016/j.beem.2022.101653.
14. Androgens and erythropoiesis: past and present / S. Shahani, M. Braga-Basaria, M. Maggio, S. Basaria // Journal of Endocrinological Investigation. – 2009. – Vol. 32. – No. 8. – P. 704-716. DOI: 10.1007/BF03345745.
15. Kocahan, S. Effects of different exercise loads on the thyroid hormone levels and serum lipid profile in swimmers / S. Kocahan, A. Dundar // Hormone Molecular Biology and Clinical Investigation. – 2019. – Vol. 38. – No. 1. – P. 20180025. DOI: 10.1515/hmbci-2018-0025.
16. Thyroid Hormones, Cytokines, Physical Training and Metabolic Control / J.M. Steinacker, M. Brkic, C. Simsch [et al.] // Hormone and Metabolic Research. – 2005. – Vol. 37. – No. 9. – P. 538-544. DOI: 10.1055/s-2005-870419.
17. Cortisol-induced CXCR4 augmentation mobilizes T lymphocytes after acute physical stress / M. Okutsu, K. Ishii, K.J. Niu, R. Nagatomi // American Journal of Physiology. Regulatory, Integrative and Comparative Physiology. – 2005. – Vol. 288. – No. 3. – P. R591-599. DOI: 10.1152/ajpregu.00438.2004.
18. Acute and delayed hormonal and blood cell count responses to high-intensity exercise before and after short-term high-intensity interval training / G.C. Bogdanis, A. Philippou, P.S. Stavrinou [et al.] // Research in Sports Medicine (Print). – 2022. – Vol. 30. – No. 4. – P. 400-414. DOI: 10.1080/15438627.2021.1895783.
19. Wang, H.C. Immune function of thyroid stimulating hormone and receptor / H.C. Wang, J.R. Klein // Critical Reviews in Immunology. – 2001. – Vol. 21. – No. 4. – P. 323-337.
20. Thyroid-stimulating hormone acutely increases monocyte gene expression in vivo / A.

Gagnon, H.A. Lochnan, C.S. Tran, A. Sorisky // Neuro Endocrinology Letters. – 2016. – Vol. 37. – No. 2. – P. 121-123.
21. Thyroid hormone levels during a 3-week professional road cycling competition / J.L. Chicharro, J. Hoyos, F. Bandrés [et al.] // Hormone Research. – 2001. – Vol. 56. – No. 5-6. – P. 159-164. DOI: 10.1159/000048112.
22. Thyroid hormone metabolism in innate immune cells / A.H. van der Spek, E. Fliers, A. Boelen // The Journal of Endocrinology. – 2017. – Vol. 232. – No. 2. – P. R67-R81. DOI: 10.1530/JOE-16-0462.
23. Acute effects of concurrent muscle power and sport-specific endurance exercises on markers of immunological stress response and measures of muscular fitness in highly trained youth male athletes / A. Markov, J. Bussweiler, N. Helm [et al.] // European Journal of Applied Physiology. – 2023. – Vol. 123. – No. 5. – P. 1015-1026. DOI: 10.1007/s00421-022-05126-8.
24. Haematological changes in elite kayakers during a training season / G.F. Borges, L.M.P.L. Rama, S. Pedreiro [et al.] // Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism=Physiologie Appliquee, Nutrition Et Metabolisme. – 2012. – Vol. 37. – No. 6. – P. 1140-1146. DOI: 10.1139/h2012-102.
25. Ijaz, S.H. Relationship Between Thyroid Hormone Levels and Mean Platelet Count and Volume: Quantitative Assessment / S.H. Ijaz, S.M. Jamal, R. Qayyum // Cureus. – Vol. 10. – No. 10. – P. e3421. DOI: 10.7759/cureus.3421.
26. Rojas Vega, S. Influences of exercise and training on the circulating concentration of prolactin in humans / S. Rojas Vega, W. Hollmann, H.K. Strüder // Journal of Neuroendocrinology. – 2012. – Vol. 24. – No. 3. – P. 395-402. DOI: 10.1111/j. 1365-2826.2011.02266.x.
27. Dohi, K. Exercise increases prolactin-receptor expression on human lymphocytes / K. Dohi, W.J. Kraemer, A.M. Mastro // Journal of Applied Physio logy. – 2003. – Vol. 94. – No. 2. – P. 518-524. DOI: 10.1152/japplphysiol.00004.2002.
28. Plasma myoglobin indicates muscle damage associated with acceleration/deceleration during football / Y. Saita, K. Hattori, A. Hokari [et al.] // The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness. – 2023. – Vol. 63. – No. 12. – P. 1337-1342. DOI: 10.23736/S0022-4707.23.15203-0.
29. Hormonal responses following eccentric exercise in humans / A. Philippou, M. Maridaki, R. Tenta, M. Koutsilieris // Hormones. – 2017. – Vol. 16. – No. 4. – P.405-413. DOI:10.14310/horm.2002.1761.
30. Hormonal (Cortical-Gonadotropic Axis) and Physical Changes With Two Years Intense Exercise Training in Elite Young Soccer Players / M.A. Hammami, A. Ben Abderrahman, A.C. Hackney [et al.] // Journal of Strength and Conditioning Research. – 2017. – Vol. 31. – No. 9. – P. 2388-2397. DOI: 10.1519/JSC.0000000000001664.
31. Hematology, Hormones, Inflammation, and Muscle Damage in Elite and Professional Soccer Players: A Systematic Review with Implications for Exercise / K. Saidi, A.B. Abderrahman, A.C. Hackney [et al.] // Sports Medicine (Auckland, N.Z.). – 2021. – Vol. 51. – No. 12. – P. 2607-2627. DOI: 10.1007/s40279-021-01522-w.
32. Взаимосвязь гематологических и биохимических параметров крови у спортсменов разных возрастных групп / А.З. Даутова, Г.Г. Янышева, Р.Ю. Якубов [и др.] // Наука и спорт: современные тенденции. – 2022. – Т. 10. – № 3. – С. 14-21. DOI: 10.36028/2308-8826-2022-10-3-14-21 [in English] Dautova A.Z., Yanysheva G.G., Yakubov R.Yu. et al. Interrelation 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. DOI: 10.36028/2308-8826-2022-10-3-14-21.
33. Афанасьева, И.А. Уровень кортизола и фагоцитарная активность лейкоцитов у спортсменов при высоких физических нагрузках / И.А. Афанасьева // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. – 2009. – № 1. – С. 6-10. [in English] Afanaseva I.A. Kortizol level and phagocyte activity of leukocytes at athlete under high physical loads. *Scientific notes of P.F. Lesgaft University*, 2009, no. 1, pp. 6-10.
34. Differential Effects of Testosterone on Peripheral Neutrophils, Monocytes and Platelets in Men: Findings from Two Trials / T. Gagliano-Jucá, K.M. Pencina, W. Guo [et al.] // Andrology. – 2020. – Vol. 8. – No. 5. – P. 1324-1331. DOI: 10.1111/ andr.12834.
35. Testosterone suppresses oxidative stress in human neutrophils / D.P. Marin, A.P. Bolin, R. de C.M. dos Santos [et al.] // Cell Biochemistry and Function. – 2010. – Vol. 28. – No. 5. – P. 394-402. DOI: 10.1002/cbf.1669.
36. Sustained leukocyte count during rising cortisol level / V. Deutsch, L. Lerner-Geva, A. Reches [et al.] // Acta Haematologica. – 2007. – Vol. 118. – No. 2. – P. 73-76. DOI: 10.1159/000103216.
37. Signorello, M.G. Oxidative Stress Induced by Cortisol in Human Platelets / M.G. Signorello, S. Ravera, G. Leoncini // International Journal of Molecular Sciences. – 2024. – Vol. 25. – No. 7. – P. 3776. DOI: 10.3390/ijms25073776.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:
Мария Евгеньевна Васильева – аспирант, Институт биологии Федерального исследовательского центра «Коми научный центр Уральского отделения Российской академии наук», Сыктывкар; врач-эндокринолог, Федеральное государственное бюджетное учреждение «Северо-Западный окружной научно-клинический центр имени Л.Г. Соколова Федерального медико-биологического агентства», Санкт-Петербург, e-mail: Vasilevamaria28@gmail.com.
Виктор Анатольевич Кащенко – доктор медицинских наук, профессор, заместитель главного врача по хирургии Клиники высоких технологий «Белоостров»; заведующий кафедрой факультетской хирургии Санкт-Петербургского государственного университета; лауреат премии Правительства Российской Федерации в области науки и техники, Санкт-Петербург, e-mail: surg122@yandex.ru.
Евгений Рафаилович Бойко – доктор медицинских наук, профессор, директор Института физиологии Федерального исследовательского центра «Коми научный центр Уральского отделения Российской академии наук», Сыктывкар, e-mail: boiko60@inbox.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:
Maria E. Vasil'eva – Post-Graduate Student, Institute of Biology, Komi Science Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Syktyvkar; Endocrinologist, Sokolov North-West District Research and Clinical Center, Federal Medical and Biological Agency of the Russian Federation, Saint Petersburg, e-mail: Vasilevamaria28@gmail.com.
Viktor A. Kashchenko – Doctor of Medical Sciences, Professor, Deputy Chief Doctor for Surgery, Beloostrov High-Technology Clinic; Head of Intermediate Level Surgery Department, St. Petersburg State University; Russian Federation Government Award winner, Science and Technology, Saint Petersburg, e-mail: surg122@yandex.ru.
Evgenij R. Bojko – Doctor of Medical Sciences, Professor, Director of the Department of Environmental and Medical Physiology, Institute of Physiology, Komi Science Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Syktyvkar, e-mail: boiko60@inbox.ru.

Для цитирования: Васильева, М.Е. Регуляторная роль гормонального профиля в изменении клеточного состава крови у спортсменов: сезонные и дисциплинарные особенности / М.Е. Васильева, В.А. Кащенко, Е.Р. Бойко // Современные вопросы биомедицины. – 2025. – Т. 9. – № 2(32). DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_02_3

For citation: Vasil'eva M.E., Kashchenko V.A., Bojko E.R. The regulatory role of the hormonal profile in modulating blood cell composition in athletes: seasonal and sport-specific characteristics. *Modern Issues of Biomedicine*, 2025, vol. 9, no. 2(32). DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_02_3