

УДК 612.1+612.4

DOI: 10.37482/2687-1491-Z097

## **ВЗАИМОСВЯЗИ ГОРМОНАЛЬНОГО СТАТУСА И ПОКАЗАТЕЛЕЙ КРАСНОЙ КРОВИ С КАРДИОРЕСПИРАТОРНОЙ ВЫНОСЛИВОСТЬЮ У СПОРТСМЕНОВ И НЕТРЕНИРОВАННЫХ ЮНОШЕЙ**

А.З. Даутова\* ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3069-2178>

В.Г. Шамратова\*\* ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7633-4264>

\*Поволжский государственный университет физической культуры, спорта и туризма  
(Республика Татарстан, г. Казань)

\*\*Башкирский государственный медицинский университет  
(Республика Башкортостан, г. Уфа)

**Цель исследования** – изучить показатели красной крови, уровни тиреотропного гормона, свободного тироксина и кортизола и их взаимосвязи у юношей, не занимающихся спортом, и спортсменов в зависимости от их кардиореспираторной выносливости. **Материалы и методы.** В исследовании приняли участие 18 спортсменов (тяжелая атлетика, кикбоксинг) и 38 юношей, не занимающихся спортом. Определяли концентрации гормонов в крови (кортизола, тиреотропного гормона (ТТГ), свободного тироксина (св.Т<sub>4</sub>)) и показатели крови (уровень гемоглобина (HGB), содержание эритроцитов (RBC), их средний объем (MCV), среднее содержание гемоглобина в отдельном эритроците (MCH), среднюю концентрацию гемоглобина в эритроците (MCHC), гематокрит (HCT)). Физическую выносливость испытуемых оценивали путем расчета кардиореспираторного индекса (КРИС). **Результаты.** У юношей, не занимающихся спортом, статистически значимых различий показателей красной крови и гормонального статуса в зависимости от КРИС обнаружено не было. В то же время у спортсменов с низкой толерантностью к физической нагрузке были ниже значения MCV, MCHC, св.Т<sub>4</sub>, ТТГ и повышен уровень кортизола по сравнению со спортсменами с высокой выносливостью. У юношей, не занимающихся спортом, установлены обратные взаимосвязи: содержания ТТГ с RBC ( $r = -0,27$ ) и с HCT ( $r = -0,31$ ); св.Т<sub>4</sub> с RBC ( $r = -0,35$ ), с HCT ( $r = -0,28$ ), а также с КРИС в состоянии покоя ( $r = 0,29$ ). У спортсменов уровень кортизола коррелировал с толерантностью к физической нагрузке ( $r = 0,74$ ), св.Т<sub>4</sub> – с КРИС после нагрузки ( $r = 0,69$ ). Таким образом, снижение уровня тироксина и повышение содержания кортизола в крови у спортсменов коррелируют с более низкой кардиореспираторной выносливостью и толерантностью к физическим нагрузкам, тогда как у юношей, не занимающихся спортом, – с активацией эритропоэтической функции.

**Ключевые слова:** гормональный статус, кортизол, красная кровь, юноши, двигательная активность, кардиореспираторная выносливость.

**Ответственный за переписку:** Даутова Альбина Зуфаровна, адрес: 450077, Республика Татарстан, г. Казань, Деревня Универсиады, д. 35; e-mail: [dautova.az@mail.ru](mailto:dautova.az@mail.ru)

**Для цитирования:** Даутова А.З., Шамратова В.Г. Взаимосвязи гормонального статуса и показателей красной крови с кардиореспираторной выносливостью у спортсменов и нетренированных юношей // Журн. мед.-биол. исследований. 2022. Т. 10, № 2. С. 110–121. DOI: 10.37482/2687-1491-Z097

Гормоны щитовидной железы являются важными регуляторами энергетического обмена и могут существенно влиять на процессы превращения энергии при выполнении физических упражнений [1]. Играя фундаментальную роль в адаптации организма к физическим нагрузкам, они в определенной мере обуславливают физическую работоспособность. Имеются противоречивые результаты, касающиеся метаболизма гормонов щитовидной железы во время интенсивных упражнений у молодых людей [1]. Например, A.W. Moore et al. показали, что длительные интенсивные упражнения приводят к транзиторному непатологическому гипотиреозу [2]. Гипотиреоидные состояния могут негативно повлиять на процесс адаптации, т.к. при недостатке гормонов нарушается сократительная функция скелетных мышц, что, в свою очередь, является лимитирующим фактором спортивного роста и улучшения физического состояния. В то же время остается нерешенным вопрос о причинах гипотиреоза, вызванного физической нагрузкой; было высказано предположение, что он связан со снижением периферической конверсии тироксина в трийодтиронин и/или функциональной активности щитовидной железы из-за циркулирующих ингибирующих факторов, высвобождаемых во время физической нагрузки [3, 4].

В обеспечении гормональной регуляции адаптивных метаболических процессов традиционно существенную роль отводят гипоталамо-гипофизарно-адренокортикальной системе. Так, гормон кортизол, участвующий в активации катаболических процессов и антианаболических действий, связанных с обменом белков [5], относят к маркерам повреждения мышц при спортивной деятельности, в целом негативно влияющих на спортивные результаты и увеличивающих продолжительность восстановления [6]. Причем спортсмены в случае повышенной концентрации кортизола в крови могут не только снизить свои результаты, но и поставить под угрозу свое здоровье.

Ведущий вклад в процесс адаптации организма к физическим нагрузкам вносит оптимальное снабжение клеток и, прежде всего, мышечной ткани кислородом, которое обеспечивается функциональной активностью системы красной крови [7]. Многими авторами установлено повышение числа эритроцитов у спортсменов как результат адаптации к интенсивным физическим нагрузкам в ответ на повышенный запрос организма в кислороде [7, 8]. В то же время известно, что физические нагрузки могут привести к «спортивной анемии», возникающей, например, у марафонцев [9]. Нами было показано, что влияние уровня двигательной активности как на морфофункциональные [10], так и на количественные показатели эритроцитов [11] детерминируется генетическими особенностями.

Несмотря на все вышеизложенное, работ, посвященных комплексному исследованию гематологических и гормональных показателей в зависимости от толерантности к физическим нагрузкам у спортсменов, нами не обнаружено. В связи с этим представляет интерес выявление и сравнение взаимосвязей гормонального статуса с функциональным состоянием красной крови у спортсменов и лиц, профессионально не занимающихся спортом.

Цель работы – изучить показатели красной крови, уровни свободного тироксина, тиреотропного гормона и кортизола и их связи у нетренированных юношей и спортсменов в зависимости от их кардиореспираторной выносливости.

**Материалы и методы.** Участниками исследования стали 56 лиц мужского пола в возрасте  $19,7 \pm 0,18$  лет. По условиям эксперимента все испытуемые были разделены на две группы. В первую группу вошли спортсмены ( $n = 18$ ), специализирующиеся в тяжелой атлетике ( $n = 10$ ) и кикбоксинге ( $n = 8$ ), со следующими антропометрическими характеристиками: рост –  $176,3 \pm 1,62$  см, масса тела –  $70,6 \pm 2,08$  кг, индекс массы тела –  $22,6 \pm 0,54$ . Квалификация спортсменов – от 1-го взрослого разряда до КМС, уровень их двигательной активности

(ДА) можно охарактеризовать как высокий. Во вторую группу вошли юноши-студенты, не занимающиеся спортом (нетренированные юноши,  $n = 38$ ), средняя масса тела которых составила  $69,4 \pm 1,38$  кг, рост –  $176,5 \pm 0,93$  см, индекс массы тела –  $22,2 \pm 0,37$ , а уровень ДА соответствовал низкому. При сравнении анатомо-морфологических показателей статистически значимых различий в двух выборках обнаружено не было. Одним из критериев включения юношей в исследование было отсутствие патологий щитовидной железы и острых респираторных заболеваний на момент обследования. Все юноши, признанные по результатам ежегодного медицинского осмотра условно здоровыми, были осведомлены о целях и задачах исследования, подписали добровольное согласие на участие.

У юношей-спортсменов и лиц, не занимающихся спортом, проводили оценку физической выносливости путем расчета кардиореспираторного индекса в модификации Н.Н. Самко (КРИС). У испытуемых последовательно измеряли систолическое и диастолическое артериальное давление (САД, ДАД) прибором Omron MX2 Basic (Япония), определяли максимальное давление выдоха (МДВ) с помощью сфигмоманометра фирмы CS Medica (Россия), жизненную емкость легких (ЖЕЛ) с использованием спирометра ССП производства «Медаппаратура» (Украина). При помощи секундомера подсчитывали частоту сердечных сокращений (ЧСС) и время максимальной задержки дыхания (МЗД). Далее рассчитывали  $KРИС = (ЖЕЛ + МЗД + МДВ + В) / (САД + ДАД + ЧСС)$ , где В – возраст. КРИС определяли в динамической (КРИС<sub>ад</sub>, у. е.) фазе и динамической (КРИС<sub>дин</sub>, у. е.) – после 5-минутной дозированной нагрузки на велотренажере (нагрузка составляла 20 Н/м, скорость педалирования – 40 об/мин). Толерантность к физическим нагрузкам оценивали по снижению КРИС после дозированной физической нагрузки (КРИС<sub>тол</sub>, %). По значениям толерантности (КРИС<sub>тол</sub> = 0...15 % расценивали как высокий уровень физической

выносливости, КРИС<sub>тол</sub> > 15 % – низкий) каждую группу обследованных разделили на две подгруппы.

Для проведения биохимического и гематологического анализов у всех обследуемых брали образцы венозной крови из локтевой вены в вакуумные пробирки с 3 %-й ЭДТА в утреннее время натощак. Концентрации кортизола (нмоль/л), тиреотропного гормона (ТТГ, мкМЕ/мл) и свободного тироксина (св.Т<sub>4</sub>, пмоль/л) в плазме определяли на иммуноферментном анализаторе ChemWell (Австрия) с использованием набора реагентов «Вектор-Бест» (Россия). Содержание гемоглобина (HGB), эритроцитов (RBC), их средний объем (MCV), среднее содержание гемоглобина в отдельном эритроците (MCH), среднюю концентрацию гемоглобина в эритроците (MCHC), гематокрит (HCT) устанавливали на анализаторе ADVIA 60 производства Bayer (Германия).

Статистический анализ проводили в программе Statistica 10 (StatSoft, США). Для оценки статистической значимости различий переменных использовали *U*-критерий Манна–Уитни, для изучения связей между количественными показателями – ранговый коэффициент корреляции Спирмена (*r*). Количественные данные представлены в виде медианы значений (*Me*) и интерквартильного размаха (*Q*<sub>1</sub>; *Q*<sub>3</sub>). Различия считали статистически значимыми при  $p < 0,05$ .

**Результаты.** Изучение показателей красной крови юношей двух групп без учета физической выносливости установило (табл. 1), что содержание эритроцитов и гематокрит в группе спортсменов статистически значимо выше по сравнению с показателями нетренированных юношей ( $p = 0,006$  и  $p = 0,027$  соответственно), тогда как среднее содержание и средняя концентрация гемоглобина в клетке – ниже ( $p = 0,00006$  и  $p = 0,000015$  соответственно). Анализ гормонального статуса выявил превышение содержания кортизола у спортсменов над данными юношей, не занимающихся спортом ( $p = 0,0001$ ), тогда как концентрации ТТГ и свободного тироксина оказались ниже ( $p = 0,0006$ ).

Таблица 1

**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КРАСНОЙ КРОВИ  
И ГОРМОНАЛЬНОГО СТАТУСА СПОРТСМЕНОВ И НЕТРЕНИРОВАННЫХ ЮНОШЕЙ  
БЕЗ УЧЕТА КАРДИОРЕСПИРАТОРНОЙ ВЫНОСЛИВОСТИ,  $Me (Q_1; Q_3)$   
COMPARATIVE ANALYSIS OF RED BLOOD CELL PARAMETERS AND HORMONAL STATUS  
IN YOUNG MALE ATHLETES AND NON-ATHLETES WITHOUT TAKING INTO ACCOUNT  
CARDIORESPIRATORY ENDURANCE,  $Me (Q_1; Q_3)$**

Показатель	Нетренированные юноши ( $n = 38$ )	Спортсмены ( $n = 18$ )
HGB, г/л	147 (140; 154)	144 (139; 149,5)
RBC, $10^{12}/л$	4,9* (4,51; 5,1)	5,09* (4,86; 5,38)
HCT, %	41,9* (39,1; 43,6)	42,8* (41,4; 44,9)
MCV, фл	86,1 (84,5; 88,1)	84,8 (82,4; 87,2)
MCH, пг	30,3* (28,7; 31,9)	28,5* (27,2; 29,7)
MCHC, г/л	350* (340; 367)	336* (324; 343)
Кортизол, нмоль/л	448,2* (324; 571)	790,5* (491,5; 1012,5)
ТТГ, мкМЕ/мл	1,41* (1,0; 1,98)	1,03* (0,94; 1,25)
Св.Т <sub>4</sub> , пмоль/л	17,0* (14,9; 18,3)	14,05* (12,2; 15,2)

Примечание: \* – установлены статистически значимые отличия между исследуемыми группами ( $p < 0,05$ ).

Изучение тех же параметров с учетом толерантности организма к физическим нагрузкам (КРИС<sub>тол</sub>) в группе нетренированных юношей не выявило статистически значимых различий в показателях крови и содержании гормонов у лиц с высокой и низкой толерантностью к физическим нагрузкам (табл. 2, см. с. 114). В то же время у спортсменов с низкой толерантностью к физической нагрузке (КРИС<sub>тол</sub> > 15 %) корпускулярный объем эритроцитов оказался ниже ( $p = 0,02$ ), чем у спортсменов с высокой толерантностью (КРИС<sub>тол</sub> = 0...15 %), также отмечена меньшая концентрация гемоглобина в эритроците у первых по сравнению с нетренированными юношами с низкой кардиореспираторной выносливостью ( $p = 0,02$ ).

Анализ гормонального статуса спортсменов продемонстрировал внутригрупповые различия в зависимости от значения КРИС<sub>тол</sub>: концентрации свободного тироксина и ТТГ в крови юношей с высокой толерантностью к

физической нагрузке статистически значимо превышали показатели лиц с низкой толерантностью ( $p = 0,005$  и  $p = 0,04$  соответственно). Кроме того, у спортсменов с высокими значениями КРИС<sub>тол</sub> (>15 %) обнаружено статистически значимо более низкое содержание свободного тироксина по сравнению с юношами, не занимающимися спортом и имеющими низкую толерантность к физической нагрузке ( $p = 0,001$ ).

Содержание кортизола в крови спортсменов с низким уровнем кардиореспираторной выносливости оказалось статистически значимо выше, чем у физически малоактивных юношей с КРИС<sub>тол</sub> > 15 %, и выше референсных показателей ( $p = 0,013$ ). Следует отметить, что у спортсменов с высокой толерантностью к физическим нагрузкам содержание кортизола также было выше физиологической нормы.

Влияние систематической спортивной деятельности на гормональный статус юношей подтвердили данные корреляционного анализа.

Таблица 2

**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КРАСНОЙ КРОВИ  
И ГОРМОНАЛЬНОГО СТАТУСА СПОРТСМЕНОВ И НЕТРЕНИРОВАННЫХ ЮНОШЕЙ  
В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТОЛЕРАНТНОСТИ К ФИЗИЧЕСКИМ НАГРУЗКАМ,  $Me (Q_1; Q_3)$   
COMPARATIVE ANALYSIS OF RED BLOOD CELL PARAMETERS  
AND HORMONAL STATUS IN YOUNG MALE ATHLETES AND NON-ATHLETES  
DEPENDING ON EXERCISE TOLERANCE,  $Me (Q_1; Q_3)$**

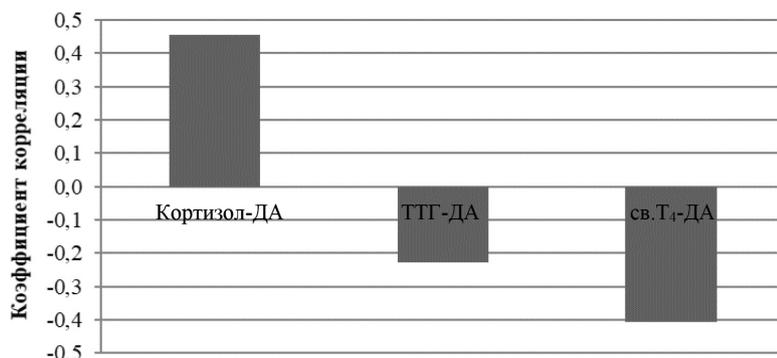
Показатель	Нетренированные юноши (n = 38)		Спортсмены (n = 18)	
	КРИС <sub>тол</sub> = 0...15 % (n = 12)	КРИС <sub>тол</sub> > 15 % (n = 26)	КРИС <sub>тол</sub> = 0...15 % (n = 12)	КРИС <sub>тол</sub> > 15 % (n = 6)
HGB, г/л	149 (140; 153)	145 (139; 157)	149 (147; 151)	145 (134; 154)
RBC, 10 <sup>12</sup> /л	4,9 (4,6; 5,2)	4,8 (4,5; 5,0)	5,05 (4,8; 5,1)	5,1 (5,05; 5,8)
HCT, %	42 (36; 45)	41 (38; 43)	44 (43; 44)	43 (42; 45)
MCV, фл	87,3 (84,8; 89,3)	85,4 (84,6; 87,9)	87,3* (87,2; 89,4)	84,8* (72,3; 87,2)
MCH, пг	30,9 (28,4; 31,3)	30,1 (28,7; 32,3)	29,9 (28,9; 30,6)	28,7 (23,0; 30,0)
MCHC, г/л	351 (338; 358)	354# (336; 369)	343 (332; 346)	338# (319; 344)
ТТГ, мкМЕ/мл	1,2 (0,8; 1,7)	1,4 (0,9; 2,5)	1,3* (0,9; 1,4)	1,0* (0,9; 1,05)
св. Т <sub>4</sub> , пмоль/л	16,7 (15,6; 18,1)	17,9# (14,9; 18,9)	15,5* (12,3; 15,7)	11,8*# (11,3; 12,3)
Кортизол, нмоль/л	486 (367; 792)	392# (341; 355)	504 (472; 1177)	936# (794; 1341)

*Примечание.* Установлены статистически значимые различия ( $p < 0,05$ ): \* – у спортсменов между лицами с высокой (КРИС<sub>тол</sub> = 0...15 %) и низкой (КРИС<sub>тол</sub> > 15 %) толерантностью к нагрузкам; # – между нетренированными юношами и спортсменами с низкой толерантностью к нагрузкам (КРИС<sub>тол</sub> > 15 %).

Как следует из *рис. 1*, отражающего связи между концентрациями изученных гормонов и физической активностью испытуемых, возрастание ее уровня сочетается с увеличением в плазме крови содержания кортизола ( $p = 0,00005$ ) и снижением уровней ТТГ и свободного тироксина ( $p = 0,0003$ ).

Анализ взаимосвязей концентраций гормонов с физической выносливостью и показателями красной крови у юношей, не занимающихся спортом, обнаружил корреляции содержания

гормонов тиреотропно-тиреоидной системы с суммарными показателями крови (*рис. 2*). Так, установлено, что рост уровней ТТГ и свободного тироксина связан со снижением количества эритроцитов в сосудистом русле ( $p = 0,03$  и  $p = 0,006$  соответственно) и их общего объема ( $p = 0,01$  и  $p = 0,026$  соответственно). Одновременно с этим повышение концентрации свободного тироксина сочетается с увеличением кардиореспираторной выносливости до выполнения нагрузки ( $p = 0,027$ ).

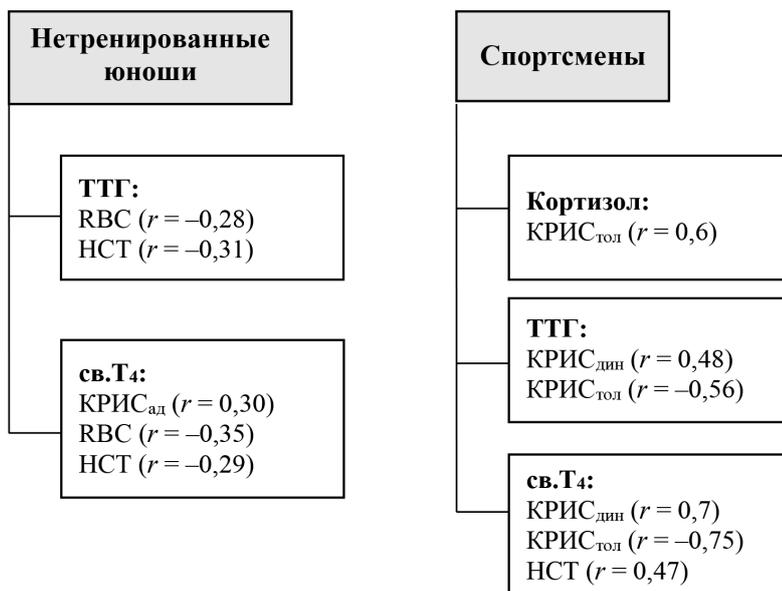


**Рис. 1.** Корреляционные связи содержания гормонов в крови обследованных юношей с уровнем их двигательной активности (ДА)

**Fig. 1.** Correlations between the subjects' hormone levels in the blood and level of physical activity

Проведенный корреляционный анализ в группе спортсменов продемонстрировал иную картину взаимоотношений между изучаемыми показателями (рис. 2). Обращает на себя вни-

мание наличие многочисленных и тесных корреляций концентраций гормонов с параметрами физической выносливости. Так, повышение содержания кортизола в крови, согласно результа-



**Рис. 2.** Корреляционные связи показателей красной крови и кардиореспираторной выносливости с гормональным статусом у нетренированных юношей и спортсменов (*r* – коэффициент ранговой корреляции Спирмена; представлены только статистически значимые корреляции)

**Fig. 2.** Correlations of red blood cell parameters and cardiorespiratory endurance with hormonal status in young male non-athletes and athletes (*r* stands for Spearman's rank correlation coefficient; only statistically significant correlations are demonstrated)

там анализа, способствует снижению кардиореспираторной выносливости ( $KPIS_{\text{тол}}$ ). Обратная картина наблюдалась в отношении связей с  $KPIS_{\text{тол}}$  показателей тиреоидной системы.

Из этого вытекает, что у спортсменов возрастание уровня кортизола и снижение содержания ТТГ и свободного тироксина в плазме крови сопровождаются уменьшением толерантности к физической нагрузке. Что касается корреляций уровней свободного тироксина и ТТГ с кардиореспираторным индексом после динамической нагрузки, то здесь возрастание содержания гормонов способствует увеличению индекса. Примечателен также факт, что свойственные физически нетренированным юношам корреляции между параметрами тиреоидной системы и функциональной активностью красной крови практически не выявляются. Обнаружена лишь слабая положительная связь между концентрацией свободного тироксина и гематокритом.

**Обсуждение.** Известно, что при интенсивных систематических нагрузках гормоны щитовидной железы влияют на адаптационные и метаболические процессы, но при этом характер изменений активности гипоталамо-гипофизарно-тиреоидной оси зависит от параметров нагрузки и ее субъективной переносимости спортсменом [12]. Так, A.C. Mackney et al. проводили сравнение влияния нагрузок разной интенсивности на активность гипоталамо-гипофизарно-тиреоидной оси. При 45-минутной беговой нагрузке средней интенсивности (65 % от максимального потребления кислорода – МПК) и нагрузке с переменной интенсивностью (чередование 90-секундных интервалов бега при 100–110 % МПК и 40 % МПК) у спортсменов наблюдалось сопоставимое повышение содержания свободного трийодтиронина и свободного тироксина в крови по отношению к состоянию покоя [13]. Однако восстановление концентраций гормонов после физической нагрузки происходило неодинаково. Через 12 ч после тренировочного занятия с постоянной нагрузкой концентрации обоих гормонов восстанавливались до исходного уровня, а после

занятия в интервальном режиме они падали ниже нормы, причем выраженность такого падения обратно коррелировала с повышением содержания кортизола в крови [13]. Таким образом, при слишком интенсивной мышечной работе активность гипоталамо-гипофизарно-тиреоидной оси может снижаться вследствие развития стресс-реакции [12]. Об этом говорят и результаты изучения гормонального фона интенсивно тренирующихся детей и подростков, у которых состояние перетренированности также часто сопряжено со снижением содержания тиреоидных гормонов в крови [14].

Согласно нашему исследованию, у спортсменов, характеризующихся низкой толерантностью к физической нагрузке, меньше концентрации гормонов ТТГ и свободного тироксина по сравнению со спортсменами с высокой кардиореспираторной выносливостью, а также с нетренированными лицами с низкой толерантностью. Возможно, уменьшение функциональной активности гипоталамо-гипофизарно-тиреоидной оси у спортсменов обусловлено истощением компенсаторных механизмов при длительных систематических тренировках. Нарушения работы щитовидной железы сопровождаются снижением физической работоспособности скелетных мышц и организма в целом в результате изменения как самих мышц, так и их сосудистого русла. Так, гипотиреоз ведет к уменьшению аэробной работоспособности мышц и организма в целом. При гипотиреозе ухудшается и доставка кислорода к мышцам, и его утилизация в митохондриях мышечных волокон мышц [12].

Следует отметить, что, помимо стресс-реакции, интенсивные тренировки сопряжены со значительным расходом энергии и, следовательно, уменьшением содержания жировой ткани, которая продуцирует гормон лептин – важный регулятор энергетического обмена. Показано, что как стресс, так и снижение содержания лептина тормозят выработку тироксилина и тем самым приводят к подавлению тиреоидной функции [15]. Снижение уровня тироксина можно объяснить также преоблада-

нием процессов поглощения тканями тиреоидных гормонов над их выбросом из щитовидной железы. Целесообразность усиленного поглощения тиреоидных гормонов тканями объясняется высокой потребностью в них тканей в связи с усиленным тренировочным процессом. Кроме того, снижение уровня тироксина в крови может быть вызвано влиянием повышенных концентраций кортикостероидов у лиц, занимающихся силовыми видами спорта [2]. Это предположение подтверждают результаты оценки уровня кортизола в крови испытуемых. Один из потенциальных механизмов, влияющих на это изменение, – взаимосвязь глюкокортикоидного ответа при физической нагрузке с циркулирующими гормонами щитовидной железы: глюкокортикоиды, в т. ч. кортизол, являются известными мощными ингибиторами функции щитовидной железы в нескольких точках регуляторной оси «гипоталамус–гипофиз–щитовидная железа».

Анализ параметров крови выявил статистически значимые различия таких показателей, как средний объем эритроцита и средняя концентрация гемоглобина в нем, в сравниваемых группах юношей. Концентрация гемоглобина в эритроците – довольно чувствительный индикатор нарушения процессов гемоглобинообразования. Обнаруженное понижение данного показателя у спортсменов соответствует данным литературы, по которым в условиях острых физических нагрузок наблюдается уменьшение средней концентрации корпускулярного гемоглобина [16, 17]. В тоже время следует отметить, что статистически значимое понижение обоих параметров эритроцитов свойственно только спортсменам, продемонстрировавшим низкую толерантность к физической нагрузке. Вместе с тем у спортсменов их снижение рассматривается как компенсаторный адаптационный механизм, обуславливающий при интенсивных нагрузках улучшение реологических свойств крови. Согласно литературным данным, в подготовительном и соревновательном периодах тренировочного цикла при хорошем функциональном состоянии организма и адекватной адаптации к физической нагрузке, на фоне относительно стабильного уровня гемоглобина и небольшого повышения концентрации эритроцитов, обычно отмечается снижение среднего объема эритроцита и, соответственно, гематокрита. Напротив, при ухудшении функционального состояния организма эти параметры возрастают [18, 19].

В обеспечении аэробных возможностей организма важную роль играет содержание гемоглобина в крови. По данным Г.А. Макаровой с соавторами, увеличение гематокрита и снижение среднего содержания гемоглобина в эритроците у спортсменов могут отмечаться при ухудшении физической работоспособности в результате напряженной мышечной деятельности [18]. Падение концентрации гемоглобина в эритроцитах, сочетающееся с повышением гематокрита, может быть сигналом о необходимости срочной коррекции плана подготовки со снижением объема/интенсивности нагрузок [20].

Примечателен, с нашей точки зрения, обнаруженный корреляционным анализом факт о тесной связи между функциональным состоянием красной крови и уровнями гормонов тиреоидной системы только у физически малоактивных юношей. При этом снижение дыхательной поверхности крови коррелирует с активизацией функции щитовидной железы, и, наоборот, ослабление функции данной железы сопровождается стимуляцией кроветворения. Очевидно, эти реципрокные взаимоотношения отражают адаптивные реакции в организме, при которых снижение уровня доставки кислорода клеткам при уменьшении кислородной емкости крови компенсируется более эффективной утилизацией кислорода вследствие активизации функции щитовидной железы.

Отсутствие указанных связей у спортсменов обусловлено, очевидно, индивидуальными особенностями гормонального фона тренированного организма, оказывающего влияние на интенсивность эритропоэза, в частности на скорость синтеза тканевого гормона эритропоэтина [19].

Итак, нами выявлено, что при систематических физических нагрузках отчетливо проявляется вклад гормонов в обеспечение кардиореспираторной выносливости организма. Результаты проведенного исследования показали, что у спортсменов, в отличие от физически малоактивных лиц, снижение концентрации свободного тироксина и повышение содержания кортизола в крови коррелируют с низкой толерантностью к физи-

ческой нагрузке. При этом активизация функции щитовидной железы способствует увеличению кардиореспираторной выносливости спортсменов после динамической нагрузки. У юношей с малоподвижным образом жизни низкие уровни ТТГ и свободного тироксина способствуют активизации эритропоэза.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

### Список литературы

1. Chicharro J.L., Hoyos J., Bandrés F., Terrados N., Fernández B., Lucía A. Thyroid Hormone Levels During a 3-Week Professional Road Cycling Competition // *Horm. Res.* 2001. Vol. 56. P. 159–164. DOI: [10.1159/000048112](https://doi.org/10.1159/000048112)
2. Moore A.W., Timmerman S., Brownlee K.K., Rubin D.A., Hackney A.C. Strenuous, Fatiguing Exercise: Relationship of Cortisol to Circulating Thyroid Hormones // *Int. J. Endocrinol. Metab.* 2005. Vol. 3, № 1. P. 18–24.
3. Hackney A.C. Thyroid Axis, Prolactin, and Exercise // *Hormone Use and Abuse by Athletes* / ed. by E. Ghigo, F. Lanfranco, C.J. Strasburger. Stuttgart: Springer-Verlag Publisher, 2011. Vol. 29. P. 17–24.
4. Ciloglu F., Peker I., Pehlivan A., Karacabey K., Ilhan N., Saygin O., Ozmerdivenli R. Exercise Intensity and Its Effects on Thyroid Hormones // *Neuro Endocrinol. Lett.* 2005. Vol. 26, № 6. P. 830–834.
5. Hackney A.C., Walz E.A. Hormonal Adaptation and the Stress of Exercise Training: The Role of Glucocorticoids // *Trends Sport Sci.* 2013. Vol. 20, № 4. P. 165–171.
6. Banfi G., Colombini A., Lombardi G., Lubkowska A. Metabolic Markers in Sports Medicine // *Adv. Clin. Chem.* 2012. Vol. 56. P. 1–54. DOI: [10.1016/b978-0-12-394317-0.00015-7](https://doi.org/10.1016/b978-0-12-394317-0.00015-7)
7. Вукулов А.Д., Маргазин В.А., Бойков В.Л. Диаметр эритроцитов как надежный маркер текущего функционального состояния организма и физической работоспособности спортсменов // *Лечеб. физкультура и спорт. медицина.* 2015. № 1(127). С. 10–14.
8. Miller G.D., Beharry A., Teramoto M., Lai A., Willick S.E., Eichner D. Hematological Changes Following an Ironman Triathlon: An Antidoping Perspective // *Drug Test. Anal.* 2019. Vol. 11, № 11–12. P. 1747–1754. DOI: [10.1002/dta.2724](https://doi.org/10.1002/dta.2724)
9. Parks R.B., Hetzel S.J., Brooks M.A. Iron Deficiency and Anemia Among Collegiate Athletes: A Retrospective Chart Review // *Med. Sci. Sports Exerc.* 2017. Vol. 49, № 8. P. 1711–1715. DOI: [10.1249/MSS.0000000000001259](https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001259)
10. Даутова А.З., Хажиева Е.А., Садыкова Л.З., Шамратова В.Г. Морфофункциональные особенности эритроцитов у девушек в зависимости от уровня двигательной активности и наследственного фактора // *Человек. Спорт. Медицина.* 2020. Т. 20, № 3. С. 25–33. DOI: [10.14529/hsm200303](https://doi.org/10.14529/hsm200303)
11. Даутова А.З., Шамратова В.Г., Воробьева Е.В. Ассоциация полиморфизмов генов ACE, CMA1 и BDKRB2 с состоянием кислородтранспортной системы организма у юношей с разным уровнем двигательной активности // *Журн. мед.-биол. исследований.* 2019. Т. 7, № 3. С. 251–260. DOI: [10.17238/issn2542-1298.2019.7.3.251](https://doi.org/10.17238/issn2542-1298.2019.7.3.251)
12. Тарасова О.С., Софронова С.И., Гайнуллина Д.К., Борзых А.А., Мартынов А.А. Регуляция продукции оксида азота эндотелием сосудов при физической нагрузке: роль тиреоидных гормонов // *Авиакосм. и экол. медицина.* 2015. Т. 49, № 2. С. 55–62.
13. Hackney A.C., Kallman A., Hosick K.P., Rubin D.A., Battaglini C.L. Thyroid Hormonal Responses to Intensive Interval versus Steady-State Endurance Exercise Sessions // *Hormones (Athens).* 2012. Vol. 11, № 1. P. 54–60. DOI: [10.1007/BF03401537](https://doi.org/10.1007/BF03401537)
14. Kanaka-Gantenbein C. The Impact of Exercise on Thyroid Hormone Metabolism in Children and Adolescents // *Horm. Metab. Res.* 2005. Vol. 37, № 9. P. 563–565. DOI: [10.1055/s-2005-870428](https://doi.org/10.1055/s-2005-870428)

15. Popovic V., Duntas L.H. Leptin, TRH and Ghrelin: Influence on Energy Homeostasis at Rest and During Exercise // *Horm. Metab. Res.* 2005. Vol. 37, № 9. P. 533–537. DOI: [10.1055/s-2005-870418](https://doi.org/10.1055/s-2005-870418)

16. Nader E., Monedero D., Robert M., Skinner S., Stauffer E., Cibiel A., Germain M., Hugonnet J., Scheer A., Joly P., Renoux C., Connes P., Égé S. 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, № 1. P. 255–266. DOI: [10.1007/s00421-019-04271-x](https://doi.org/10.1007/s00421-019-04271-x)

17. Liu C.H., Tseng Y.F., Lai J.I., Chen Y.Q., Wang S.H., Kao W.F., Li L.H., Chiu Y.H., How C.K., Chang W.H. The Changes of Red Blood Cell Viscoelasticity and Sports Anemia in Male 24-hr Ultra-Marathoners // *J. Chin. Med. Assoc.* 2018. Vol. 81, № 5. P. 475–481. DOI: [10.1016/j.jcma.2017.09.011](https://doi.org/10.1016/j.jcma.2017.09.011)

18. Макарова Г.А., Колесникова Н.В., Скибицкий В.В., Барановская И.Б. Диагностический потенциал картины крови у спортсменов: моногр. М.: Спорт, 2020. 256 с.

19. Montero D., Lundby C. Regulation of Red Blood Cell Volume with Exercise Training // *Compr. Physiol.* 2018. Vol. 9, № 1. P. 149–164. DOI: [10.1002/cphy.c180004](https://doi.org/10.1002/cphy.c180004)

20. Гунина Л., Рыбина И., Котляренко Л. Показатели гематологического гомеостаза в оценке функционального состояния спортсменов // *Наука в олимп. спорте.* 2020. № 3. С. 65–75.

## References

1. Chicharro J.L., Hoyos J., Bandrés F., Terrados N., Fernández B., Lucía A. Thyroid Hormone Levels During a 3-Week Professional Road Cycling Competition. *Horm. Res.*, 2001, vol. 56, pp. 159–164. DOI: [10.1159/000048112](https://doi.org/10.1159/000048112)

2. Moore A.W., Timmerman S., Brownlee K.K., Rubin D.A., Hackney A.C. Strenuous, Fatiguing Exercise: Relationship of Cortisol to Circulating Thyroid Hormones. *Int. J. Endocrinol. Metab.*, 2005, vol. 3, no. 1, pp. 18–24.

3. Hackney A.C. Thyroid Axis, Prolactin, and Exercise. Ghigo E., Lanfranco F., Strasburger C.J. (eds.). *Hormone Use and Abuse by Athletes*. Stuttgart, 2011. Vol. 29, pp. 17–24.

4. Ciloglu F., Peker I., Pehlivan A., Karacabey K., Ilhan N., Saygin O., Ozmerdivenli R. Exercise Intensity and Its Effects on Thyroid Hormones. *Neuro Endocrinol. Lett.*, 2005, vol. 26, no. 6, pp. 830–834.

5. Hackney A.C., Walz E.A. Hormonal Adaptation and the Stress of Exercise Training: The Role of Glucocorticoids. *Trends Sport Sci.*, 2013, vol. 20, no. 4, pp. 165–171.

6. Banfi G., Colombini A., Lombardi G., Lubkowska A. Metabolic Markers in Sports Medicine. *Adv. Clin. Chem.*, 2012, vol. 56, pp. 1–54. DOI: [10.1016/b978-0-12-394317-0.00015-7](https://doi.org/10.1016/b978-0-12-394317-0.00015-7)

7. Vikulov A.D., Margazin V.A., Boykov V.L. Diametr eritrotsitov kak nadezhnyy marker tekushchego funktsional'nogo sostoyaniya organizma i fizicheskoy rabotosposobnosti sportsmenov [Erythrocyte Diameter as a Reliable Marker of Current Functional State of Organism and Physical Performance of Athletes]. *Lechebnaya fizkul'tura i sportivnaya meditsina*, 2015, no. 1, pp. 10–14.

8. Miller G.D., Beharry A., Teramoto M., Lai A., Willick S.E., Eichner D. Hematological Changes Following an Ironman Triathlon: An Antidoping Perspective. *Drug Test. Anal.*, 2019, vol. 11, no. 11-12, pp. 1747–1754. DOI: [10.1002/dta.2724](https://doi.org/10.1002/dta.2724)

9. Parks R.B., Hetzel S.J., Brooks M.A. Iron Deficiency and Anemia Among Collegiate Athletes: A Retrospective Chart Review. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 2017, vol. 49, no. 8, pp. 1711–1715. DOI: [10.1249/MSS.0000000000001259](https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001259)

10. Dautova A.Z., Hazhieva E.A., Sadykova L.Z., Shamratova V.G. Morphofunctional Features of Erythrocytes in Young Women Depending on the Level of Motor Activity and Hereditary Factor. *Hum. Sport Med.*, 2020, vol. 20, no. 3, pp. 25–33 (in Russ.). DOI: [10.14529/hsm200303](https://doi.org/10.14529/hsm200303)

11. Dautova A.Z., Shamratova V.G., Vorob'eva E.V. Association of Polymorphisms of the *ACE*, *CMA1* and *BDKRB2* Genes with the State of Oxygen Transport System in Young Men with Different Levels of Motor Activity. *J. Med. Biol. Res.*, 2019, vol. 7, no. 3, pp. 251–260. DOI: [10.17238/issn2542-1298.2019.7.3.251](https://doi.org/10.17238/issn2542-1298.2019.7.3.251)

12. Tarasova O.S., Sofronova S.I., Gaynullina D.K., Borzykh A.A., Mart'yanov A.A. Regulyatsiya produktsii oksida azota endoteliem sosudov pri fizicheskoy nagruzke: rol' tireoidnykh gormonov [Control of Nitrogen Oxide Production by the Vascular Endothelium During Physical Exercise: Role of Thyroid Hormones]. *Aviakosmicheskaya i ekologicheskaya meditsina*, 2015, vol. 49, no. 2, pp. 55–62.

13. Hackney A.C., Kallman A., Hosick K.P., Rubin D.A., Battaglini C.L. Thyroid Hormonal Responses to Intensive Interval versus Steady-State Endurance Exercise Sessions. *Hormones (Athens)*, 2012, vol. 11, no. 1, pp. 54–60. DOI: [10.1007/BF03401537](https://doi.org/10.1007/BF03401537)

14. 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. DOI: [10.1055/s-2005-870428](https://doi.org/10.1055/s-2005-870428)

15. Popovic V., Duntas L.H. Leptin, TRH and Ghrelin: Influence on Energy Homeostasis at Rest and During Exercise. *Horm. Metab. Res.*, 2005, vol. 37, no. 9, pp. 533–537. DOI: [10.1055/s-2005-870418](https://doi.org/10.1055/s-2005-870418)

16. Nader E., Monedero D., Robert M., Skinner S., Stauffer E., Cibiel A., Germain M., Hugonnet J., Scheer A., Joly P., Renoux C., Connes P., Égée S. 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. DOI: [10.1007/s00421-019-04271-x](https://doi.org/10.1007/s00421-019-04271-x)

17. Liu C.H., Tseng Y.F., Lai J.I., Chen Y.Q., Wang S.H., Kao W.F., Li L.H., Chiu Y.H., How C.K., Chang W.H. The Changes of Red Blood Cell Viscoelasticity and Sports Anemia in Male 24-hr Ultra-Marathoners. *J. Chin. Med. Assoc.*, 2018, vol. 81, no. 5, pp. 475–481. DOI: [10.1016/j.jcma.2017.09.011](https://doi.org/10.1016/j.jcma.2017.09.011)

18. Makarova G.A., Kolesnikova N.V., Skibitskiy V.V., Baranovskaya I.B. *Diagnosticheskiy potentsial kartiny krovi u sportsmenov* [Diagnostic Potential of Blood Picture in Athletes]. Moscow, 2020. 256 p.

19. Montero D., Lundby C. Regulation of Red Blood Cell Volume with Exercise Training. *Compr. Physiol.*, 2018, vol. 9, no. 1, pp. 149–164. DOI: [10.1002/cphy.c180004](https://doi.org/10.1002/cphy.c180004)

20. Gunina L., Rybina I., Kotlyarenko L. Pokazateli gematologicheskogo gomeostaza v otsenke funktsional'nogo sostoyaniya sportsmenov [Hematological Homeostasis Indices in Evaluating Functional State of Athletes]. *Nauka v olimpiyskom sporte*, 2020, no. 3, pp. 65–75.

DOI: 10.37482/2687-1491-Z097

*Al'bina Z. Dautova*\* ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3069-2178>

*Valentina G. Shamratova*\*\* ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7633-4264>

\*Volga Region State University of Physical Culture, Sport and Tourism  
(Kazan, Republic of Tatarstan, Russian Federation)

\*\*Bashkir State Medical University  
(Ufa, Republic of Bashkortostan, Russian Federation)

### CORRELATION OF THE HORMONAL STATUS AND RED BLOOD CELL PARAMETERS WITH CARDIORESPIRATORY ENDURANCE IN YOUNG MALE ATHLETES AND NON-ATHLETES

The **aim** of this paper was to study red blood cell parameters and levels of thyroid-stimulating hormone (TSH), free thyroxine (FT<sub>4</sub>) and cortisol, as well as their correlations in young male athletes and non-athletes, depending on their cardiorespiratory endurance. **Materials and methods.** The study involved 18 athletes (weightlifting, kickboxing) with the ranks ranging from First-Class Sportsman to Candidate for Master of Sport and 38 non-athletes. Hormone concentrations in the blood (cortisol, TSH, FT<sub>4</sub>) and blood parameters (haemoglobin, red blood cell count (RBC), their mean corpuscular volume (MCV), mean corpuscular haemoglobin (MCH), mean corpuscular haemoglobin concentration (MCHC) and haematocrit (HCT)) were determined. The subjects' physical endurance was assessed by calculating the cardiorespiratory index (heart rate divided by the respiratory rate). **Results.** In young men not involved in sports, no statistically significant differences between red blood cell parameters and hormonal status depending on the cardiorespiratory index were observed. At the same time,

athletes with low exercise tolerance had statistically significantly lower MCV, MCHC,  $FT_4$ , and TSH as well as elevated cortisol levels compared to endurance athletes. In young male non-athletes, we established an inverse correlation of TSH with RBC ( $r = -0.27$ ) and HCT ( $r = -0.31$ ) as well as of  $FT_4$  with RBC ( $r = -0.35$ ), HCT ( $r = -0.28$ ) and cardiorespiratory index at rest ( $r = 0.29$ ). In athletes, cortisol correlated with exercise tolerance ( $r = 0.74$ ), while  $FT_4$  correlated with cardiorespiratory index after exercise ( $r = 0.69$ ). Thus, a decrease in thyroxine and an increase in cortisol blood levels in athletes correlate with lower cardiorespiratory endurance and exercise tolerance, while in non-athletes, with the activation of the erythropoietic function.

**Keywords:** *hormonal status, cortisol, red blood cells, young men, motor activity, cardiorespiratory endurance.*

Поступила 07.02.2022  
Принята 06.05.2022  
Received 7 February 2022  
Accepted 6 May 2022

---

**Corresponding author:** Al'bina Dautova, *address:* Derevnya Universiady 35, Kazan, 450077, Respublika Tatarstan, Russian Federation; *e-mail:* dautova.az@mail.ru

**For citation:** Dautova A.Z., Shamratova V.G. Correlation of the Hormonal Status and Red Blood Cell Parameters with Cardiorespiratory Endurance in Young Male Athletes and Non-Athletes. *Journal of Medical and Biological Research*, 2022, vol. 10, no. 2, pp. 110–121. DOI: 10.37482/2687-1491-Z097