

<https://doi.org/10.47529/2223-2524.2023.1.8>

УДК: 553.061.15

Тип статьи Оригинальное исследование / Original Article



## Влияние уровня общего тестостерона у хоккеистов-юниоров на гематологические, биохимические показатели и уровень физической работоспособности

Н.В. Аксенова<sup>1</sup>, Т.А. Мангушев<sup>2</sup>, П.Л. Огороков<sup>1,3</sup>, \*, Е.В. Бабаева<sup>1</sup>, И.В. Зябкин<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ФГБУ «Федеральный научно-клинический центр детей и подростков Федерального медико-биологического агентства», Москва, Россия

<sup>2</sup> ФГБУ «Федеральный научно-клинический центр спортивной медицины и реабилитации Федерального медико-биологического агентства», Москва, Россия

<sup>3</sup> ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр эндокринологии» Минздрава России, Москва, Россия

### РЕЗЮМЕ

Занятия хоккеем с шайбой сочетают интенсивные физические нагрузки на высокой скорости с элементами силовой борьбы. Тестостерон является основным анаболическим гормоном, повышение которого в подростковом периоде связано с ускорением роста, увеличением количества мышечной массы, физической силы, а также повышением общей и аэробной работоспособности. Таким образом, интересным представляется изучение влияния различных уровней тестостерона на метаболические параметры и физическую работоспособность хоккеистов-юниоров.

**Цель исследования:** сравнить гематологические и биохимические показатели, а также толерантность к физической нагрузке у хоккеистов-юниоров в зависимости от уровня общего тестостерона крови.

**Материалы и методы:** в исследование включено 100 юношей в возрасте 15–17 лет (средний возраст  $15,3 \pm 1,1$  года) — членов сборной команды РФ по хоккею с шайбой. В исследуемую группу вошло 25 хоккеистов-юниоров с повышенным уровнем общего тестостерона крови ( $> 27,5$  нмоль/л). Группу контроля составили 75 юных спортсменов с уровнем общего тестостерона крови в пределах референсных значений. Всем включенным в исследование спортсменам проведен тест PWC 170 для оценки физической работоспособности. Оценка гематологических параметров включала определение уровня гемоглобина (HGB) и гематокрита, количества эритроцитов, среднего объема эритроцитов (MCV), среднего содержания гемоглобина в эритроците (MCH) и средней концентрации гемоглобина в эритроците (MCHC). Для оценки функционального состояния мышечной и костной тканей проведена оценка уровней  $\beta$ -crosslaps, миоглобина и активности креатинфосфокиназы.

**Результаты:** сравнительная оценка общеклинического анализа крови у хоккеистов-юниоров не выявила значимых различий в зависимости от уровня общего тестостерона крови. Толерантность к физической нагрузке в исследуемых группах также не различалась. У хоккеистов-юниоров с повышенным уровнем тестостерона выявлены более низкие показатели  $\beta$ -crosslaps по сравнению с контрольной группой. Значения других биомаркеров функциональной активности мышечной ткани не зависели от уровня общего тестостерона крови.

**Заключение:** повышение уровня общего тестостерона сыворотки крови в диапазоне от 27,5 до 40 нмоль/л, выявляемое у хоккеистов-юниоров в возрасте 15–17 лет, не связано с изменением гематологических и биохимических показателей. Высокие уровни общего тестостерона не влияют на улучшение показателей физической работоспособности. Необходимо продолжение исследований по оценке динамики уровня общего тестостерона крови у хоккеистов-юниоров для уточнения долгосрочных влияний андрогенов на метаболические и функциональные показатели несовершеннолетних спортсменов. Повышение уровня тестостерона в крови спортсменов — вопрос, который подлежит широкому обсуждению в сообществе спортивных врачей и эндокринологов.

**Ключевые слова:** подростки, общий тестостерон, спортивная медицина, хоккей с шайбой

**Конфликт интересов:** авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Для цитирования:** Аксенова Н.В., Мангушев Т.А., Огороков П.Л., Бабаева Е.В., Зябкин И.В. Влияние уровня общего тестостерона у хоккеистов-юниоров на гематологические, биохимические показатели и уровень физической работоспособности. *Спортивная медицина: наука и практика*. 2023;13(1):80–87. <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2023.1.8>

Поступила в редакцию: 25.05.2022

Принята к публикации: 19.04.2023

Online first: 15.06.2023

Опубликована: 16.06.2023

\*Автор, ответственный за переписку

## Effect of testosterone in young ice-hockey players on hematological, biochemical parameters and the level of physical performance

Natalia V. Aksenova<sup>1</sup>, Tagir A. Mangushev<sup>2</sup>, Pavel L. Okorokov<sup>1,3,\*</sup>, Elena V. Babaeva<sup>1</sup>, Ilya V. Zyabkin<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Federal Scientific and Clinical Center for Children and Adolescents FMBA of Russia, Moscow,

<sup>2</sup> Federal Scientific and Clinical Center of Sports Medicine and Rehabilitation FMBA of Russia, Moscow

<sup>3</sup> Scientific and Medical Research Center of Endocrinology of Ministry of Health of the Russian Federation, Moscow, Russia

### ABSTRACT

Ice-hockey combines intense physical activity at high speed with elements of power struggle. Testosterone is the main anabolic hormone, an increase in which during adolescence is associated with faster growth, increased muscle mass, physical strength, and increased overall and aerobic performance. Thus, it is interesting to study the effect of different testosterone levels on metabolic parameters and physical performance of young ice-hockey players.

**Objective:** to compare hematological and biochemical parameters, as well as exercise performance in young ice-hockey players, depending on the testosterone level.

**Materials and methods:** the study included 100 young ice-hockey players aged 15–17 years (average age 15.3 ± 1.1 years). The study group included 25 young ice-hockey players with an increased level of total blood testosterone (> 27.5 nmol/l). The control group included 75 young athletes with normal testosterone levels. All athletes included in the study underwent the PWC 170 test to assess physical performance. Assessment of hematological parameters included hemoglobin (HGB), hematocrit, red blood cell, mean corpuscular volume (MCV), mean concentration hemoglobin (MCH), and mean corpuscular hemoglobin concentration (MCHC).  $\beta$ -crosslaps, myoglobin and creatine phosphokinase (CPK) activity were measured to assess the functional state of muscle and bone tissue.

**Results:** A comparative assessment of the CBC in young ice-hockey players did not reveal significant differences depending on the level of serum testosterone level. Tolerance to physical activity in the study groups also did not differ. Young ice-hockey players with increased testosterone levels showed lower  $\beta$ -crosslaps values compared to the control group. The values of other biomarkers of the functional activity of muscle tissue did not depend on the level of testosterone levels.

**Conclusion:** Increased serum testosterone level in the range from 27.5 to 40 nmol/l, detected in young ice-hockey players aged 15–17 years, is not associated with a change in hematological and biochemical parameters. High total testosterone levels do not improve physical performance. It is necessary to continue studies to assess the dynamics of the serum testosterone in young ice-hockey players to clarify the long-term effects of androgens on the metabolic and functional indicators of young athletes. Increasing serum testosterone levels in athletes is subject to wide discussion in the community of sports physicians and endocrinologists.

**Keywords:** adolescents, testosterone level, sports medicine, ice-hockey

**Conflict of interests:** the authors declare no conflict of interest.

**For citation:** Aksenova N.V., Mangushev T.A., Okorokov P.L., Babaeva E.V., Zyabkin I.V. Effect of testosterone in young ice-hockey players on hematological, biochemical parameters and the level of physical performance. *Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice)*. 2023;13(1):80–87. (In Russ.) <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2023.1.8>

**Received:** 26 May 2022

**Accepted:** 19 April 2023

**Online first:** 15 May 2023

**Published:** 16 June 2023

\*Corresponding author

### 1. Введение

Занятия хоккеем с шайбой сопряжены с интенсивной физической нагрузкой и активным метаболизмом в скелетной мускулатуре. Ключевое влияние на обменные процессы оказывает гормональный статус несовершеннолетних спортсменов. В спортивной медицине особое внимание уделяется оценке уровня тестостерона — основного андрогена у лиц мужского пола, обладающего выраженным анаболическим действием, которое во многом определяет физическую производительность и работоспособность [1, 2]. Интенсивные физические нагрузки при занятиях хоккеем повышают кислородную потребность организма, что напрямую отражается на состоянии кислородно-транспортной функции крови и выражается в повышении уровней гемоглобина и гематокрита [3].

Дефицит тестостерона у взрослых связан со снижением количества мышечной массы и уменьшением мышечной силы, в то время как повышение тестостерона в подростковом периоде приводит к росту скелетной мускулатуры, повышению физической работоспособности и толерантности к физическим нагрузкам. Кроме того, тестостерон оказывает стимулирующее влияние на эритропоэз, повышая «кислородную емкость» крови, в том числе в подростковом возрасте [4].

Согласно нашей гипотезе, повышение концентрации общего тестостерона крови у хоккеистов-юниоров может способствовать повышению толерантности к физическим нагрузкам, изменениям гематологических показателей крови и маркеров функциональной активности мышечной ткани.

**Цель исследования:** сравнить гематологические, биохимические показатели, а также уровень физической работоспособности у хоккеистов-юниоров в зависимости от уровня общего тестостерона крови.

## 2. Материалы и методы

Проведено наблюдательное, одноцентровое, одномоментное, выборочное, неконтролируемое исследование. Проанализированы данные 100 амбулаторных карт юных хоккеистов — членов сборной команды РФ по хоккею с шайбой, прошедших углубленное медицинское обследование (УМО) на базе ФГБУ «ФНКЦ детей и подростков ФМБА России» в 2019–2020 гг.

Все лабораторные обследования проводились в соответствии со стандартными требованиями к проведению УМО у спортсменов в соответствии с действующим приказом Минздрава РФ № 134-Н. Антропометрические измерения включали в себя: измерение роста, веса, расчет индекса массы тела (ИМТ). ИМТ оценивался по нормативам Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) для конкретного возраста и пола, и был представлен в виде числа стандартных отклонений от среднего (SDS) [5]. Всем хоккеистам-юниорам проводилась оценка полового развития по классификации Tanner. Исследование общеклинического анализа крови выполнено на гематологическом анализаторе Sysmex XN-350 (Япония) и включало определение количества эритроцитов, оценку уровня гемоглобина (HGB) и гематокрита, среднего объема эритроцитов (MCV), среднего содержания гемоглобина в эритроците (MCH) и средней концентрации гемоглобина в эритроците (MCHC). Биохимическое исследование крови выполнено на автоматическом анализаторе Indiko Plus (Thermo Fisher Scientific, США) и включало определение активности креатинфосфокиназы (КФК). Также проведено исследование маркеров костной и мышечной ткани:  $\beta$ -crosslaps (С-терминального телопептида) и миоглобина методом электрохемилюминесценции на анализаторе Cobas e 411 (Roche Diagnostics, Германия). Исследование уровня общего тестостерона сыворотки крови выполнено методом иммуноферментного анализа на автоматическом анализаторе Lazurit (США). Уровень физической работоспособности спортсменов оценивался при проведении велоэргометрии по стандартному протоколу PWC 170 (Physical Working Capacity) и выражался в Вт/кг. При оценке результатов теста PWC 170 значения от 2 до 3 Вт/кг расценивались как показатель удовлетворительной физической работоспособности; > 3 Вт/кг — сниженной, а < 2 Вт/кг — повышенной физической работоспособности [6].

### Критерии соответствия

**Критерии включения в основную группу:** хоккеисты-юниоры в возрасте 15–17 лет с уровнем общего тестостерона сыворотки  $\geq 27,5$  нмоль/л.

**Критерии включения в контрольную группу:** хоккеисты-юниоры с уровнем общего тестостерона сыворотки < 27,5 нмоль/л.

**Критерии исключения:** возраст до 15 лет, стадия полового развития < 4 по Tanner).

### Статистический анализ

**Принципы расчета размера выборки:** размер выборки предварительно не рассчитывался.

**Методы статистического анализа данных:** Статистическая обработка данных проводилась с использованием пакета прикладных программ Statistica (StatSoftInc, USA, version 10.0). Так как большинство изучаемых показателей не имело приближенно нормальное распределение, все данные представлены в виде медианы и интерквартильного размаха. Для оценки достоверности различий между изучаемыми подгруппами использовался критерий Манна — Уитни и дисперсионный анализ Краскела — Уоллиса. Корреляционный анализ проводился с использованием критерия Спирмена. Критический уровень значимости различий принимали  $\leq 0,05$ .

## 3. Результаты

Всего в исследование включено 100 хоккеистов-юниоров в возрасте от 15 до 17 лет (средний возраст 16 лет [15;16]). В подгруппу с повышенным тестостероном вошло 25 юных спортсменов со средним спортивным стажем в хоккее 11 лет [10;11]. Подгруппу сравнения составили 75 юных хоккеистов со средним спортивным стажем 11 лет [10;11] и уровнем тестостерона, не превышающим референсные показатели. Исследуемая и контрольная подгруппы были сопоставимы по возрасту, росту, весу, ИМТ и SDS ИМТ (см. табл. 1). По спортивному стажу в хоккее исследуемые группы значимо не различались ( $p = 0,86$ ).

В зависимости от игровой позиции, занимаемой в команде, хоккеисты с повышенным уровнем тестостерона распределились следующим образом: защитники — 37%, нападающие — 55%, вратари — 8%. В контрольной группе защитники составили 52%, нападающие — 42%, вратари — 8%.

### Уровень общего тестостерона крови у хоккеистов-юниоров

Средний уровень общего тестостерона крови у хоккеистов-юниоров составил 20,6 нмоль/л. Выявлена высокая индивидуальная вариабельность данного показателя с колебаниями от 9,8 до 40 нмоль/л. Средний уровень общего тестостерона в исследуемой группе составил 29,8 [28,2;40,0] нмоль/л; в контрольной группе — 18,8 [16;23,7] нмоль/л ( $p = 0,0001$ ).

### Гематологические показатели у хоккеистов-юниоров

Оценка данных общеклинического анализа крови выявила высоконормальные показатели «красной» крови

Таблица 1

**Антропометрические показатели хоккеистов-юниоров**

Table 1

**Anthropometric parameters of young ice-hockey players**

	Нормальный тестостерон / Normal testosterone	Повышенный тестостерон / High testosterone	<i>p</i>
Количество спортсменов / Number of athletes	75	25	
Возраст, лет / Age, years	16,0 [15;16]	16,0 [15;16]	0,86
Рост, см / Height, cm	182 [179;186]	182 [179;191]	0,84
Вес, кг / Weight, kg	75 [72;82]	80 [74;90]	0,76
ИМТ, кг/м <sup>2</sup> / BMI, kg/m <sup>2</sup>	22,5 [21,7;24,0]	23,8 [22,3;25,0]	0,22
SDS ИМТ / SDS BMI	0,99 [0,75;1,15]	1,3 [0,95;1,55]	0,11

Таблица 2

**Гематологические показатели хоккеистов-юниоров**

Table 2

**Hematological parameters of young ice-hockey players**

Значение и референсный интервал / Value and reference interval	Нормальный тестостерон / Normal testosterone	Повышенный тестостерон / High testosterone	<i>p</i>
Эритроциты, × 10 <sup>12</sup> / л / Red blood cells, (3,8–5,8)	5,12 [4,88;5,38]	5,14 [4,76;5,5]	0,61
Гемоглобин, г/л / Hemoglobin, g/l (110–170)	156 [150;164]	158 [150;164]	0,46
Гематокрит, % / Hematocrit, % (35–49)	46,5 [43,9;48,7]	47,3 [45,6;48,9]	0,23
MCV, мкл <sup>3</sup> / μl <sup>3</sup> (70–100)	91 [89;93]	92 [91;94]	0,56
MCH, пг / pg (26–38)	30,7 [29,8;31,5]	31,0 [30,1;31,9]	0,5
MCHC, г/л / g/l (300–380)	338 [331;343]	330 [326;339]	0,18

у хоккеистов юниоров. Так, среднее количество эритроцитов составило  $5,13 \times 10^{12}/л$ , однако у 2 спортсменов (2%) отмечено повышение данного показателя до  $5,9 \times 10^{12}/л$  и  $5,85 \times 10^{12}/л$  соответственно. Средний уровень гемоглобина у юных хоккеистов составил 156 г/л с индивидуальными колебаниями от 140 до 181 г/л. Снижения уровня гемоглобина ни у одного спортсмена выявлено не было.

При сравнительном анализе показателей гемограммы в исследуемых группах не выявлено статистически значимых различий в количестве эритроцитов ( $p = 0,61$ ), уровне гемоглобина ( $p = 0,46$ ) и других показателях «красной крови» (см. табл. 2). Все спортсмены с повышенным уровнем гемоглобина и эритроцитов относились к группе с нормальным уровнем общего тестостерона крови.

При этом корреляционный анализ выявил слабую положительную взаимосвязь общего тестостерона крови и уровнем гемоглобина ( $r = 0,2$ ;  $p < 0,05$ ) и MCV ( $r = 0,21$ ;  $p < 0,05$ ), но не количеством эритроцитов у юных хоккеистов.

**Исследование уровня физической работоспособности у хоккеистов-юниоров**

Оценка уровня физической работоспособности при проведении теста PWC 170 не выявила существенных

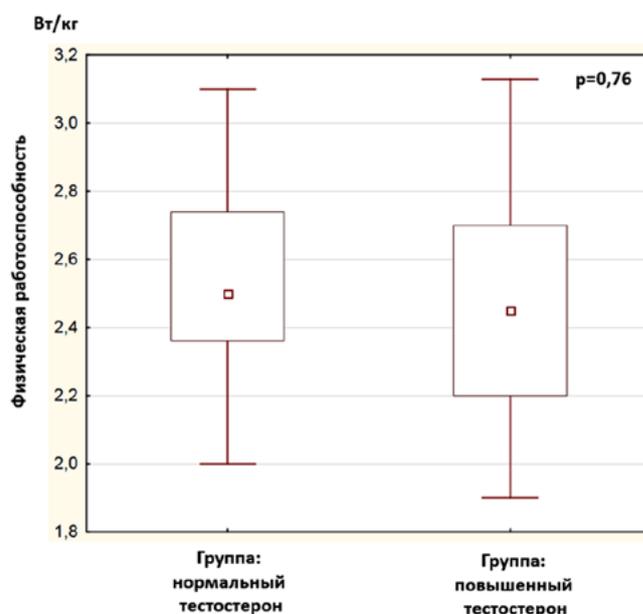


Рис. Уровень физической работоспособности у хоккеистов юниоров в зависимости от общего тестостерона (по результатам теста PWC 170)

Fig. The level of physical performance of young ice-hockey players, depending on the total testosterone level (according to the PWC 170 test results)

различий в группах хоккеистов ( $p = 0,76$ ) в зависимости от уровня общего тестостерона крови (см. рис.).

Корреляционный анализ также не выявил взаимосвязи между общим тестостероном крови и уровнем физической работоспособности у юных спортсменов.

#### Дополнительные результаты исследования

*Биохимические показатели, характеризующие функциональную активность мышечной ткани*

У юных хоккеистов независимо от уровня общего тестостерона крови выявлено умеренное повышение  $\beta$ -crosslaps и активности КФК, в то время как уровень миоглобина укладывался в референсный интервал. Сравнительная оценка биохимических маркеров функциональной активности мышечной ткани в исследуемых группах не выявила значимых различий определяемых показателей (см. табл. 3).

Корреляционный анализ продемонстрировал обратную взаимосвязь общего тестостерона крови с  $\beta$ -crosslaps ( $r = -0,29$ ;  $p < 0,05$ ), но не с КФК и миоглобином.

#### 4. Обсуждение полученных результатов

Тестостерон играет ключевую роль в процессах роста и развития мальчиков в период пубертата. Широко известно анаболическое действие данного гормона на костную и мышечную ткань. Тестостерон участвует в развитии скелетной мускулатуры и миокарда, увеличивая синтез белковых структур миосимпласта и гладких миоцитов [6, 7], тем самым способствуя гипертрофии и гиперплазии мышечных волокон, повышению их сократительной активности и мышечной силы [2, 7, 8]. Также известно стимулирующее влияние тестостерона на эритропоэз в подростковом возрасте, однако точные механизмы до настоящего времени не установлены [4]. E. Vachman и соавт. демонстрируют стимулирующее влияние тестостерона на эритропоэз, которое лишь частично обусловлено повышением синтеза эритропоэтина [9]. Другие исследователи сообщают о положительной взаимосвязи уровня эритропоэтина с концентрацией ферритина сыворотки, что может свидетельствовать о роли эритропоэтина в повышении биодоступности железа

для организма [10]. Все эти изменения способствуют повышению емкости кислородно-транспортной системы крови, от которой во многом зависит уровень спортивного мастерства, физическая работоспособность и развитие скоростно-силовых качеств юных хоккеистов [11].

Основываясь на данных литературы, мы предположили, что более высокие уровни общего тестостерона сыворотки крови у хоккеистов-юниоров могут быть ассоциированы с увеличением уровня гемоглобина, гематокрита и количества эритроцитов, а также повышением толерантности к физической нагрузке. Однако результаты нашей работы продемонстрировали отсутствие взаимосвязи общего тестостерона с параметрами общеклинического анализа крови и данными теста PWC 170. Для большинства хоккеистов юниоров характерны высоконормальные уровни гемоглобина, эритроцитов и гематокрита, что согласуется с данными других исследователей [3]. Возможным объяснением отсутствия взаимосвязи тестостерона с показателями гемограммы у хоккеистов-юниоров может быть непродолжительное по времени повышение концентрации общего тестостерона в данной возрастной группе. В связи с этим необходимо динамическое наблюдение спортсменов с высоким уровнем тестостерона для уточнения длительности повышения уровней андрогенов в данной возрастной группе хоккеистов.

Исследования функционального статуса спортсменов не позволяют выявить фактический уровень физического состояния и признаков перетренированности, в связи с чем используются специализированные пробы PWC для оценки ориентировочного уровня физической работоспособности. При проведении теста PWC 170 в нашем исследовании наиболее высокие показатели отмечаются у нападающих, по сравнению с защитниками и вратарями. Спортивный стаж занятий хоккеем достоверно не влиял на показатели толерантности к физическим нагрузками по данным теста PWC 170.

В проведенном нами исследовании выявлена высокая индивидуальная вариабельность общего тестостерона крови у хоккеистов-юниоров с колебаниями от 9,8 до 40 нмоль/л. В большинстве лабораторий верхней границей нормы общего тестостерона,

Таблица 3

#### Биохимические показатели хоккеистов-юниоров

Table 3

#### Biochemical parameters of young ice-hockey players

Значение и референсный интервал / Value and reference interval	Нормальный тестостерон / Normal testosterone	Повышенный тестостерон / High testosterone	<i>p</i>
КФК, Ед/л / CPK, Uн/l (38-176)	254,5 [181,7;447]	261,4 [197,6;372,6]	0,9
$\beta$ -Cross laps, нг/мл / ng/ml (< 0,584)	1,5 [1,09;1,98]	1,1 [0,84;1,5]	0,007
Миоглобин, нг/мл / Myoglobin, ng/ml (< 100)	14,5 [6,8;21,8]	14,4 [9,5;21,3]	0,86

Примечание: КФК — активность креатинфосфокиназы;  $\beta$ -crosslaps — C-терминальный телопептид.

Note: CPK — creatine phosphokinase activity;  $\beta$ -crosslaps — C-terminal telopeptide.

измеренного методом иммуноферментного анализа, для половозрелых мужчин является диапазон значений от 27,5 до 33 нмоль/л. Говоря о нормативных значениях общего тестостерона у подростков, не стоит забывать, что именно в возрастной группе от 16 до 18 лет характерны максимально высокие значения данного гормона. По данным клиники Mayo, верхняя граница нормы для юношей в возрасте от 16 до 18 лет составляет 41,6 нмоль/л [12, 13]. Ни один из обследованных нами хоккеистов-юниоров не имел такого уровня общего тестостерона.

Развитие гипогонадизма приводит к изменениям композиционного состава тела, выражающимся в уменьшении количества тощей массы, в том числе за счет скелетной мускулатуры. Избыток же тестостерона может оказывать дополнительное анаболическое действие, приводя к увеличению количества скелетной мускулатуры и модулируя ее функциональную активность. Оценка активности КФК и уровня  $\beta$ -crosslaps выявила умеренное повышение данных показателей у хоккеистов-юниоров по сравнению с нормативными значениями. Подобные изменения у юных хоккеистов продемонстрированы ранее и другими авторами и объясняются механическим повреждением мышечной ткани и преобладанием креатинфосфатных механизмов энергообеспечения при высокоинтенсивных физических нагрузках [14]. В нашем исследовании уровни КФК и миоглобина не зависели от концентрации общего тестостерона крови. Однако выявленная обратная корреляционная взаимосвязь  $\beta$ -crosslaps с уровнем общего тестостерона может свидетельствовать о влиянии половых стероидов

#### **Вклад авторов:**

**Аксенова Наталья Валентиновна** — разработка протокола исследования, сбор материала, обработка и интерпретация результатов, подготовка рукописи.

**Мангушев Тагир Абдуллоевич** — редактирование рукописи, критическая интерпретация результатов.

**Окорок Павел Леонидович** — редактирование рукописи, критическая интерпретация результатов.

**Бабаева Елена Викторовна** — критическая интерпретация результатов.

**Зябкин Илья Владимирович** — утверждение финальной версии рукописи.

Все авторы одобрили финальную версию статьи перед публикацией, выразили согласие нести ответственность за все аспекты работы, подразумевающую надлежащее изучение и решение вопросов, связанных с точностью или добросовестностью любой части работы.

#### **Список литературы**

1. Crewther B.T., Cook C., Cardinale M., Weatherby R.P., Lowe T. Two Emerging Concepts for Elite Athletes. *Sports Med.* 2011;41(2):103–123. <https://doi.org/10.2165/11539170-000000000-00000>.
2. Aizawa K., Iemitsu M., Maeda S., Mesaki N., Ushida T., Akimoto T. Endurance exercise training enhances local sex steroid-

на процессы резорбции костной ткани у хоккеистов юниоров, что требует более тщательного изучения.

К недостатку настоящего исследования следует отнести метод определения общего тестостерона. «Золотым стандартом» оценки половых стероидов у спортсменов является тандемная масс-спектрометрия, в то время как в нашем исследовании общий тестостерон измерялся методом иммуноферментного анализа. Также остается неясным, является ли повышение уровня общего тестостерона крови у хоккеистов-юниоров долгосрочным или у подростков возможна спонтанная краткосрочная импульсная секреция половых стероидов, в том числе на фоне интенсивных физических нагрузок.

#### **5. Заключение**

Повышение уровня общего тестостерона крови в диапазоне от 27,5 до 40 нмоль/л, выявляемое у хоккеистов-юниоров в возрасте 15–17 лет при проведении углубленного медицинского обследования, не связано с изменениями гематологических показателей, повышением уровня физической работоспособности и функциональной активности мышечной ткани. Следует с осторожностью подходить к интерпретации значений общего тестостерона у несовершеннолетних спортсменов в связи с особенностями секреции половых гормонов в подростковом возрасте. Необходимо продолжение исследований по оценке динамики концентрации общего тестостерона крови у хоккеистов юниоров для уточнения долгосрочных влияний андрогенов на гематологические, биохимические и функциональные показатели.

#### **Authors' contributions:**

**Natalia V. Aksenova** — study protocol development, collection of material, processing and interpretation of the results, manuscript preparation.

**Tagir A. Mangushev** — editing, critical interpretation of the results.

**Pavel L. Okorokov** — editing, critical interpretation of the results.

**Elena V. Babaeva** — critical interpretation of the results.

**Ilya V. Zybkin** — final article version approval.

All authors approved the article final version before publication, agreed to be responsible for all aspects of the manuscript, implying the proper study and resolution of issues related to the accuracy or integrity of any part of the manuscript."

#### **References**

1. Crewther B.T., Cook C., Cardinale M., Weatherby R.P., Lowe T. Two Emerging Concepts for Elite Athletes. *Sports Med.* 2011;41(2):103–123. <https://doi.org/10.2165/11539170-000000000-00000>.
2. Aizawa K., Iemitsu M., Maeda S., Mesaki N., Ushida T., Akimoto T. Endurance exercise training enhances local sex steroid-

genesis in skeletal muscle. *Med. Sci. Sports Exerc.* 2011;43(11):2072–2080. <https://doi.org/10.1249/mss.0b013e31821e9d74>

3. **Симонова Н.А., Петрушкина Н.П., Жуковская Е.В.** Исследование показателей периферической крови спортсменов пубертатного возраста. *Научно-спортивный вестник Урала и Сибири.* 2017;(4):15–20.

4. **Mancera-Soto E., Ramos-Caballero D.M., Magalhaes J., Chaves Gomez S., Schmidt W.F.J., Cristancho-Mejía E.** Quantification of testosterone-dependent erythropoiesis during male puberty. *Exp. Physiol.* 2021;106(7):1470–1481. <https://doi.org/10.1113/EP089433>

5. Рекомендации по диагностике, лечению и профилактике ожирения у детей и подростков. Москва: Практика; 2015.

6. **Комолятова В.Н.** Особенности электрогенераторной функции сердца в детско-юношеском спорте высших достижений [автореферат диссертации]. Москва; 2015.

7. **Axell A.M., MacLean H.E., Plant D.R., Harcourt L.J., Davis J.A., Jimenez M., et al.** Continuous testosterone administration prevents skeletal muscle atrophy and enhances resistance to fatigue in orchidectomized male mice. *Am. J. Physiol. Endocrinol. Metab.* 2006;291(3):E506–516. <https://doi.org/10.1152/ajpendo.00058.2006>

8. **Üstünel İ., Akkoyunlu G., Demir R.** The Effect of Testosterone on Gastrocnemius Muscle Fibres in Growing and Adult Male and Female Rats: A Histochemical, Morphometric and Ultrastructural Study. *Anat. Histol. Embryol.* 2003;32(2):70–79. <https://doi.org/10.1046/j.1439-0264.2003.00441.x>

9. **Bachman E., Trivison T.G., Basaria S., Davda M.N., Guo W., Li M., et al.** Testosterone induces erythrocytosis via increased erythropoietin and suppressed hepcidin: evidence for a new erythropoietin/hemoglobin set point. *J. Gerontol. A. Biol. Sci. Med. Sci.* 2014;69(6):725–735. <https://doi.org/10.1093/gerona/glt154>

10. **Yanamandra U., Senee H., Yanamadra S., Das S.K., Bhattachar S.A., Das R., et al.** Erythropoietin and ferritin response in native highlanders aged 4–19 years from the Leh-Ladakh region of India. *Br. J. Haematol.* 2019;184(2):263–268. <https://doi.org/10.1111/bjh.15553>

11. **Landgraff H.W., Hallén J.** Longitudinal Training-related Hematological Changes in Boys and Girls from Ages 12 to 15 yr. *Med. Sci. Sports Exerc.* 2020;52(9):1940–1947. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000002338>

12. **Hackney A.C.** Hypogonadism in Exercising Males: Dysfunction or Adaptive-Regulatory Adjustment? *Front. Endocrinol. (Lausanne).* 2020;11:11. <https://doi.org/10.3389/fendo.2020.00011>

13. Mayo Clinic Web Site. Testosterone. Available at: <https://www.mayocliniclabs.com/test-catalog/Clinical+and+Interpretive/83686> (accessed 07 October 2019).

14. **Раджабкдиев Р.М., Семенов М.М., Выборная К.В., Лавриненко С.В., Солнцева Т.Н.** Анализ некоторых биохимических параметров хоккеистов юниоров. В: Актуальные проблемы и перспективы развития хоккея с шайбой и формирование компетенций тренеров в условиях реализации НППХ «Красная машина»: материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Уфа, 22–23 сентября 2020 года. Уфа: ЦНИЗиР БашИФК; 2020, с. 117–119.

genesis in skeletal muscle. *Med. Sci. Sports Exerc.* 2011;43(11):2072–2080. <https://doi.org/10.1249/mss.0b013e31821e9d74>

3. **Simonova N.A., Petrushkina N.P., Zhukovskaya E.V.** Investigation of Indicators of Peripheral Blood of Sportments of Puberty Age. *Nauchno-sportivnyi vestnik Urala i Sibiri = Ural and Siberia Bulletin of Sports Science.* 2017;(4):15–20 (in Russ.).

4. **Mancera-Soto E., Ramos-Caballero D.M., Magalhaes J., Chaves Gomez S., Schmidt W.F.J., Cristancho-Mejía E.** Quantification of testosterone-dependent erythropoiesis during male puberty. *Exp. Physiol.* 2021;106(7):1470–1481. <https://doi.org/10.1113/EP089433>

5. Recommendations for the diagnosis, treatment and prevention of obesity in children and adolescents. Moscow: Praktika Publ.; 2015 (In Russ.).

6. **Komolyatova V.N.** Features of the electrical generating function of the heart in children's and youth sports of the highest achievements [dissertation abstract]. Moscow; 2015 (In Russ.).

7. **Axell A.M., MacLean H.E., Plant D.R., Harcourt L.J., Davis J.A., Jimenez M., et al.** Continuous testosterone administration prevents skeletal muscle atrophy and enhances resistance to fatigue in orchidectomized male mice. *Am. J. Physiol. Endocrinol. Metab.* 2006;291(3):E506–516. <https://doi.org/10.1152/ajpendo.00058.2006>

8. **Üstünel İ., Akkoyunlu G., Demir R.** The Effect of Testosterone on Gastrocnemius Muscle Fibres in Growing and Adult Male and Female Rats: A Histochemical, Morphometric and Ultrastructural Study. *Anat. Histol. Embryol.* 2003;32(2):70–79. <https://doi.org/10.1046/j.1439-0264.2003.00441.x>

9. **Bachman E., Trivison T.G., Basaria S., Davda M.N., Guo W., Li M., et al.** Testosterone induces erythrocytosis via increased erythropoietin and suppressed hepcidin: evidence for a new erythropoietin/hemoglobin set point. *J. Gerontol. A. Biol. Sci. Med. Sci.* 2014;69(6):725–735. <https://doi.org/10.1093/gerona/glt154>

10. **Yanamandra U., Senee H., Yanamadra S., Das S.K., Bhattachar S.A., Das R., et al.** Erythropoietin and ferritin response in native highlanders aged 4–19 years from the Leh-Ladakh region of India. *Br. J. Haematol.* 2019;184(2):263–268. <https://doi.org/10.1111/bjh.15553>

11. **Landgraff H.W., Hallén J.** Longitudinal Training-related Hematological Changes in Boys and Girls from Ages 12 to 15 yr. *Med. Sci. Sports Exerc.* 2020;52(9):1940–1947. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000002338>

12. **Hackney A.C.** Hypogonadism in Exercising Males: Dysfunction or Adaptive-Regulatory Adjustment? *Front. Endocrinol. (Lausanne).* 2020;11:11. <https://doi.org/10.3389/fendo.2020.00011>

13. Mayo Clinic Web Site. Testosterone. Available at: <https://www.mayocliniclabs.com/test-catalog/Clinical+and+Interpretive/83686> (accessed 07 October 2019).

14. **Radzhabkadiyev R.M., Semenov M.M., Vybornaya K.V., Lavrinenko S.V., Solntseva T.N.** Analysis of some biochemical parameters of junior hockey players. In: Actual problems and prospects for the development of ice hockey and the formation of competencies of coaches in the context of the implementation of the NPPH "Red Machine": materials of the All-Russian scientific and practical conference with international participation, Ufa, September 22–23, 2020, p. 117–119 (In Russ.).

**Информация об авторах:**

**Аксенова Наталья Валентиновна**, руководитель ФГБУ «Федеральный научно-клинический центр детей и подростков Федерального медико-биологического агентства», Россия, 115409, Москва, ул. Москворечье, 20. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1525-177X>

**Мангушев Тагир Абдуллович**, врач спортивной медицины ФГБУ «Федеральный научно-клинический центр спортивной медицины и реабилитации Федерального медико-биологического агентства», Россия, 121059, Москва, Большая Дорогомиловская улица, 5. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1970-7754>

**Окорок Павел Леонидович\***, к.м.н., врач — детский эндокринолог ФГБУ «Федеральный научно-клинический центр детей и подростков Федерального медико-биологического агентства», Россия, 115409, Москва, ул. Москворечье, 20; старший научный сотрудник ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр эндокринологии» Минздрава России, Россия, 117036, Москва, ул. Дм. Ульянова, 11. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9834-727X> ([pokorokov@gmail.com](mailto:pokorokov@gmail.com))

**Бабаева Елена Викторовна**, спортивный врач ФГБУ «Федеральный научно-клинический центр детей и подростков Федерального медико-биологического агентства», Россия, 115409, Москва, ул. Москворечье, 20. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3865-1880>

**Зябкин Илья Владимирович**, к.м.н., директор ФГБУ «Федеральный научно-клинический центр детей и подростков Федерального медико-биологического агентства», Россия, 115409, Москва, ул. Москворечье, 20. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9717-5872>

**Information about the authors:**

**Natalia V. Aksenova**, Head of the Center of Pediatric Sports Medicine of the Federal Scientific and Clinical Center for children and adolescents of FMBA of Russia, 20 Moskvorechye str., Moscow, 115409, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1525-177X>

**Tagir A. Mangushev**, sports medicine doctor of the Federal Scientific and Clinical Center for Sports Medicine and Rehabilitation of the Federal Medical and Biological Agency, 5 Bolshaya Dorogomilovskaya str., Moscow, 121059 Russia ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1970-7754>

**Pavel L. Okorokov\***, M.D., Ph.D., pediatric endocrinologist of the consultative and diagnostic center of the Federal Scientific and Clinical Center for children and adolescents of FMBA of Russia, 20 Moskvorechye str., Moscow, 115409, Russia; Senior Researcher of the Endocrinology Research Center, 11 Dmitry Ulyanov str., Moscow, 117036, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9834-727X> (+7 (903) 110-09-44; [pokorokov@gmail.com](mailto:pokorokov@gmail.com))

**Elena V. Babaeva**, sports medicine doctor of the Federal Scientific and Clinical Center for children and adolescents FMBA of Russia, 20 Moskvorechye str., Moscow, 115409, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9717-5872>

**Ilya V. Zyabkin**, M.D., Ph.D., director of the Federal Scientific and Clinical Center for Children and Adolescents FMBA of Russia, 20 Moskvorechye str., Moscow, 115409, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9717-5872>

\* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author