

# Влияние физических нагрузок на морфологический состав красной крови у подростков Якутии

К.С. Гаврильева<sup>1</sup>, М.В. Ханды<sup>2</sup>, М.И. Соловьёва<sup>2</sup>, С.П. Винокурова<sup>2</sup>, Н.В. Махарова<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ГБУ РС (Я) «Школа высшего спортивного мастерства», г. Якутск

<sup>2</sup> ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова», г. Якутск

**Цель исследования:** сравнение морфологического состава красной крови (КК) у подростков в зависимости от двигательного режима.

**Дизайн:** открытое сравнительное исследование.

**Материалы и методы.** В исследовании участвовали 198 подростков мужского пола в возрасте 16–17 лет национальности саха: 117 спортсменов (1-я подгруппа — кандидаты и мастера спорта, n = 48; 2-я подгруппа — обладатели 1-го и 2-го юношеских разрядов, n = 69) и 81 практически здоровый подросток, не занимающийся спортом (группа сравнения). Морфологический состав КК определяли в утреннее время, у спортсменов — до тренировок во время учебно-тренировочных сборов.

**Результаты.** Оптимальные показатели выявлены в 1-й подгруппе. Во 2-й подгруппе гемоглобин (HGB) < 120 г/л имели 8,7% и 120–129 г/л — 44,9% подростков, гематокрит < 40% — 20,3%, средний объем эритроцитов < 80 фл — 2,9%, среднее содержание гемоглобина в эритроците (MCH) < 27 пг — 7,2%, среднюю концентрацию гемоглобина в эритроцитах (MCHC) < 320 г/л — 89,9% подростков.

В группе сравнения концентрация HGB < 120 г/л выявлена у 12,3% подростков и 120–129 г/л — у 59,3%, частота гематокрита < 40%, MCH < 27 пг и MCHC < 320 г/л составила 66,7%, 12,3% и 6,2% соответственно.

**Заключение.** Уровень физических нагрузок оказывает непосредственное влияние на состав КК. Снижение ее морфологических показателей может быть признаком перетренированности и следствием влияния северного климата и экологии.

**Ключевые слова:** юные спортсмены, физические нагрузки, гемоглобин, гематокрит.

**Для цитирования:** Гаврильева К.С., Ханды М.В., Соловьёва М.И., Винокурова С.П., Махарова Н.В. Влияние физических нагрузок на морфологический состав красной крови у подростков Якутии // Доктор.Ру. 2018. № 11 (155). С. 27–30. DOI: 10.31550/1727-2378-2018-155-11-27-30

## Impact of Exercises on the Morphological Composition of Erythrocytes in Young Population of Yakutia

K.S. Gavrilieva<sup>1</sup>, M.V. Khandy<sup>2</sup>, M.I. Solovieva<sup>2</sup>, S.P. Vinokurova<sup>2</sup>, N.V. Makharova<sup>1</sup>

<sup>1</sup> School of Perfect Sports Mastery, Yakutsk

<sup>2</sup> M.K. Ammosov North-Eastern Federal University, Yakutsk

**Study Objective:** to compare the morphological composition of erythrocytes in young population depending on their motor condition.

**Study Design:** open comparative study.

**Materials and Methods.** The study enrolled 198 young men aged 16–17 of Sakha nationality: 117 sportsmen (sub-group 1 — candidates in masters of sport and masters of sport, n = 48; sub-group 2 — junior category 1 and 2, n = 69) and 81 practically healthy young volunteers (control group). The morphological composition of erythrocytes was assessed in the morning, for sportsmen — prior to training sessions during training camps.

**Study Results.** The optimal values were demonstrated by sub-group 1. In sub-group 2, HGB < 120 g/L was recorded in 8.7%, 120–129 g/L — in 44.9% of young men; hematocrit of less than 40% was demonstrated by 20.3%; mean corpuscular volume < 80 fL was recorded in 2.9%, mean cell hemoglobin (MCH) < 27 pg was recorded in 7.2%, and mean corpuscular hemoglobin concentration (MCHC) < 320 g/L was in 89.9% of young men. The control group values were as follows: HGB < 120 g/L — 12.3% of young men and 120–130 g/L in 59.3%; hematocrit < 40%, MCV < 27 pg and MCHC < 320 g/L was 66.7%, 12.3%, and 6.2%, respectively.

**Conclusion.** The rate of exercises has direct impact over erythrocytes composition. Morphological parameters deterioration may be a symptom of overtraining and a result of northern climate and environment.

**Keywords:** young sportsmen, exercises, HGB, hematocrit.

**For reference:** Gavrilieva K.S., Khandy M.V., Solovieva M.I., Vinokurova S.P., Makharova N.V. Impact of Exercises on the Morphological Composition of Erythrocytes in Young Population of Yakutia. Doctor.Ru. 2018; 11(155): 27–30. DOI: 10.31550/1727-2378-2018-155-11-27-30

Немаловажную информацию о состоянии здоровья и физиологических механизмах адаптации организма при физической нагрузке дают исследования морфологического состава крови. Для оценки тренированности спортсменов [1], выявления перенапряжения и перетренировки [2, 3], определения утомляемости и реакции орга-

Винокурова Светлана Петровна — к. м. н., доцент кафедры прпедевтической и факультетской терапии с эндокринологией и ЛФК Медицинского института ФГАОУ ВО «СВФУ им. М.К. Аммосова». 677016, г. Якутск, ул. Ойунского, д. 27. E-mail: xitvsp@mail.ru

Гаврильева Кристина Семеновна — к. м. н., заведующая отделом физиотерапии и реабилитации ГБУ РС (Я) ШВСМ. 677016, г. Якутск, ул. Ойунского, д. 26. E-mail: gks.79@mail.ru

Махарова Наталья Владимировна — д. м. н., главный врач Центра спортивной медицины и реабилитации ГБУ РС (Я) ШВСМ. 677016, г. Якутск, ул. Ойунского, д. 26. E-mail: takharova@mail.ru

Соловьёва Марианна Иннокентьевна — к. б. н., доцент кафедры биохимии и биотехнологий Института естественных наук ФГАОУ ВО «СВФУ им. М.К. Аммосова». 677016, г. Якутск, ул. Кулаковского, д. 48. E-mail: sm79@mail.ru

Ханды Мария Васильевна — профессор кафедры прпедевтики детских болезней Медицинского института ФГАОУ ВО «СВФУ им. М.К. Аммосова», д. м. н., профессор. 677016, г. Якутск, ул. Ойунского, д. 27. E-mail: m\_leader@rambler.ru



Оригинальная  
статья



Original  
Paper

низма на нагрузку [4, 5] используют гематологические и биохимические показатели. Главными факторами крови, которые определяют физическую работоспособность, являются объем циркулирующей крови, реологические свойства и морфологический состав [6].

При своевременной оценке изменений в показателях крови можно выявить и предотвратить состояние перенапряжения и перетренированности [7, 8], а также вовремя оценить тренированность спортсменов [1, 9]. Решающую роль в работе мышц при физической нагрузке играет кислород, который переносится гемоглобином (HGB) [10]. Насыщая кислородом все ткани и органы организма [11], HGB обеспечивает выносливость спортсменов при физической нагрузке. Но при интенсивных физических нагрузках у спортсменов часто наблюдается снижение концентрации HGB и значений гематокрита за счет увеличения объема циркулирующей плазмы, опережающего выработку HGB [12, 13].

Таким образом, определение показателей периферической крови является ключевым фактором мониторинга состояния юных спортсменов.

**Цель исследования:** сравнение морфологического состава красной крови у подростков в зависимости от двигательного режима.

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследовании приняли участие 198 подростков мужского пола в возрасте 16–17 лет национальности саха. Основную группу составили 117 человек, профессионально занимающихся вольной борьбой и мас-рестлингом в детско-юношеской спортивной школе № 5 г. Якутска Республики Саха (Якутия). По уровню спортивной квалификации группу юных спортсменов разделили на две подгруппы: в первую подгруппу были включены 48 кандидатов и мастеров спорта; во вторую — 69 обладателей 1-го и 2-го юношеских разрядов. Группа сравнения состояла из практически здоровых подростков — учащихся общеобразовательных школ г. Якутска без вредных привычек, не имеющих отношения к спорту (n = 81).

Исследовательский проект был одобрен локальным комитетом по биомедицинской этике Северо-Восточного федерального университета имени М.К. Аммосова (решение № 3 от 15 марта 2014 г., выписка № 30). Подростки и их родители подписывали добровольное информированное согласие на участие в исследовании.

Всем юношам проводили общий анализ крови (ОАК) в отделе биохимического контроля Центра спортивной медицины и реабилитации Школы высшего спортивного мастерства г. Якутска (лицензия Министерства здравоохранения Республики Саха (Якутия) № ЛО-14-01-001329 от 07.03.2014, главный врач — д. м. н. Махарова Н.В.). Забор капиллярной крови из пальца для анализа осуществляли в утреннее время, у спортсменов — до тренировок во время прохождения учебно-тренировочных сборов подготовительного этапа спортивного микроцикла. Исследование выполнялось на автоматическом гематологическом анализаторе Hemolux 19 (Shenzhen Mindray Bio-Medical Electronics Co., Ltd, Китай). В ОАК у подростков определяли концентрацию HGB, значения гематокрита, число эритроцитов, среднее содержание гемоглобина в эритроците (англ. mean cell haemoglobin, MCH), среднюю концентрацию гемоглобина в эритроцитах (англ. mean cell hemoglobin concentration, MCHC), средний объем эритроцитов (англ. mean cell volume, MCV).

Статистическая обработка результатов исследования выполнена с помощью пакета прикладных программ IBM

SPSS Statistics версии 19. Были использованы критерии непараметрических методов статистической обработки, различия показателей считали статистически значимыми при  $p < 0,05$ .

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Исследование гематологических параметров дает важную информацию о влиянии занятий спортом на состояние здоровья подростков. Показатели крови, особенно у спортсменов, имеют значительные индивидуально-типологические особенности, связанные с изменением объема циркулирующей плазмы, стимуляцией гемопоэза, перераспределительными реакциями и другими факторами.

При изучении морфологии красной крови у спортсменов с разными уровнями спортивной квалификации (основные подгруппы) и у подростков, не занимающихся спортом (группа сравнения), отмечены статистически значимые различия как между основными подгруппами, так и между подгруппами основной группы и группой сравнения (табл.).

Как видно из таблицы, у квалифицированных спортсменов первой подгруппы выявлены оптимальные значения всех параметров красной крови, необходимых для преодоления физических нагрузок. Статистически значимое ( $p = 0,001$ ) повышение уровня HGB относительно такового у подростков группы сравнения является проявлением адаптации организма посредством улучшения кислородтранспортной функции; HGB играет важную роль во время физических нагрузок, обеспечивая кислородом миоциты. У 31,3% спортсменов

Таблица

**Морфологический состав красной крови у юных спортсменов и подростков, не занимающихся спортом**

Показатели красной крови	Основная группа		Группа сравнения (n = 81) [III]	P
	1-я подгруппа (n = 48) [I]	2-я подгруппа (n = 69) [II]		
HGB, г/л	148,77 ± 6,01	132,00 ± 8,78	130,20 ± 9,04	$P_{I-III} = 0,001$ $P_{I-II} < 0,0001$ $P_{II-III} = 0,159$
RBC, млн/мм <sup>3</sup>	4,63 ± 0,20	4,72 ± 0,28	4,46 ± 0,30	$P_{I-III} = 0,001$ $P_{I-II} = 0,047$ $P_{II-III} = 0,001$
MCV, фл	90,43 ± 2,17	89,59 ± 0,53	86,56 ± 6,40	$P_{I-III} = 0,001$ $P_{I-II} = 0,180$ $P_{II-III} = 0,002$
HCT, %	42,03 ± 1,94	42,04 ± 4,44	38,44 ± 3,31	$P_{I-III} = 0,001$ $P_{I-II} = 0,986$ $P_{II-III} = 0,001$
MCH, пг	31,94 ± 0,70	28,20 ± 1,66	29,03 ± 2,53	$P_{I-III} = 0,001$ $P_{I-II} < 0,0001$ $P_{II-III} = 0,033$
MCHC, г/л	353,44 ± 5,12	309,58 ± 9,02	335,33 ± 7,87	$P_{I-III} = 0,001$ $P_{I-II} < 0,0001$ $P_{II-III} = 0,001$

Примечание. HCT — гематокрит; HGB — гемоглобин; MCH — среднее содержание гемоглобина в эритроците; MCHC — средняя концентрация гемоглобина в эритроцитах; MCV — средний объем эритроцитов; RBC — число эритроцитов.

с высокой квалификацией (первая подгруппа) концентрация HGB находилась в пределах 150–160 г/л (рис. 1). У участников данной подгруппы отмечено также увеличение MCV до 90,4 фл и MCHC до 353,4 г/л, в обоих случаях различия с группой сравнения статистически значимы ( $p = 0,001$ ) (см. табл.). Эти изменения косвенно свидетельствуют об активной стимуляции процессов гемопоеза, необходимых при интенсивных физических нагрузках.

Адаптация организма подростков к физическим нагрузкам происходит постепенно и зависит от спортивного стажа, квалификации и интенсивности тренировочного процесса. Поэтому у 89,9% начинающих спортсменов второй подгруппы с более низкой спортивной квалификацией физические нагрузки привели к снижению MCHC до значений менее 320 г/л (рис. 2). Во второй подгруппе отмечено также снижение показателей MCH до 28,2 пг и MCHC до 309,6 г/л, что статистически значимо меньше, чем у спортсменов первой подгруппы (в обоих случаях  $p < 0,0001$ ) и подростков группы сравнения ( $p = 0,033$  и  $p = 0,001$  соответственно) (см. табл.). Концентрация HGB в периферической крови менее 120 г/л выявлена у 8,7% спортсменов второй подгруппы и от 120 до 129 г/л — у 44,9% (см. рис. 1). У 20,3% начинающих спортсменов значения гематокрита были ниже 40% (рис. 3), у 2,9% MCV оказался меньше 80 фл, и у 7,2% величина MCH не достигала 27 пг.

Показано, что определение традиционного показателя — концентрации HGB у спортсменов часто оказывается неинформативным. Гораздо большей точностью обладает определение MCH и MCHC (с учетом объема эритроцитов), а также величины гематокрита. Результаты, полученные при динамических исследованиях комплекса гематологических показателей, дают основания утверждать, что в большинстве случаев значения MCH и гематокрита являются достаточно адекватными критериями наличия или отсутствия анемии у спортсменов [14].

Из отмеченного выше следует предположение, что сниженные показатели красной крови, наблюдавшиеся при анемических состояниях у физически активных подростков второй подгруппы (проявления феномена спортивной анемии) являются критериями перетренированности и перенапряжения. Это согласуется с результатами исследований Y.O. Schumacher и соавт. (2002), W. Schmidt и N. Prommer (2010), Е.И. Семёновой (2011) [7, 8, 10]. Выявленные изменения в периферической крови у начинающих спортсменов требуют незамедлительного информирования тренера и спортивного врача с целью коррекции спортивных тренировок и назначения восстановительных мероприятий. У высококвалифицированных спортсменов в момент обследования признаков анемии обнаружено не было.

Отсутствие физических нагрузок не оказывает благоприятного влияния на морфологический состав красной крови. Свидетельством этого является наличие железодефицитной анемии у подростков сравнительной группы, которое объясняется снижением уровня HGB и значений гематокрита. У 12,3% подростков, не занимающихся спортом, выявлены концентрации HGB ниже 120 г/л, у 59,3% — от 120 до 129 г/л (см. рис. 1). Значения гематокрита ниже возрастных норм обнаружены у 66,7% юношей (см. рис. 3). Низкие ( $< 27$  пг) показатели MCH в группе сравнения отмечены у 12,3% обследованных, снижение MCHC ( $< 320$  г/л) — у 6,2% (см. рис. 2). Данные изменения в периферической крови у подростков

Рис. 1. Концентрация гемоглобина в красной крови у подростков, %

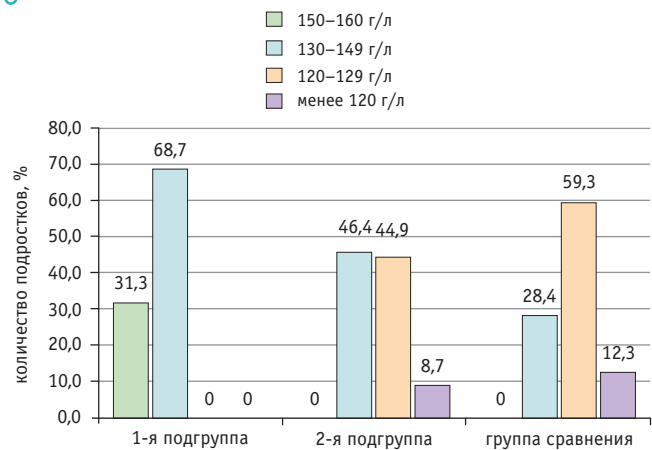


Рис. 2. Средняя концентрация гемоглобина в эритроцитах у подростков, %

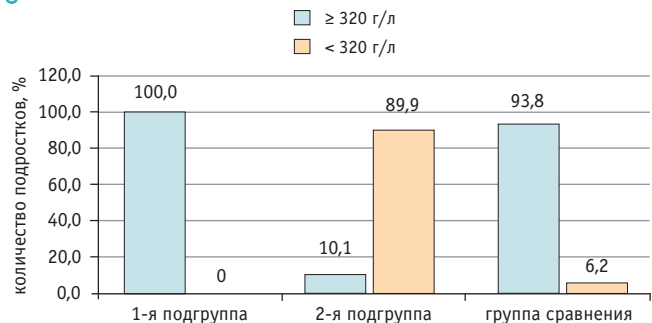
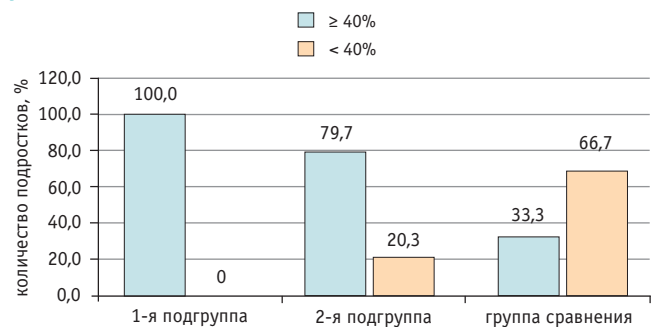


Рис. 3. Показатели гематокрита у подростков, %



могут быть следствием влияния северного климата и экологии республики.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученные данные указывают на то, что физические нагрузки неоднозначно влияют на состав периферической крови. С повышением спортивной квалификации у спортсменов отмечается улучшение показателей периферической крови, что свидетельствует об усилении кислородтранспортной функции организма. Снижение показателей красной крови у начинающих спортсменов является признаком перетренированности и переходным состоянием в процессе адаптации организма к физическим нагрузкам.

У юношей, не испытывающих физических нагрузок, по данным проведенного исследования, имеются признаки железодефицитной анемии.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Иорданская Ф.А. Мониторинг функциональной подготовленности юных спортсменов — резерва спорта высших достижений: этапы углубленной подготовки и спортивно-го совершенствования. М.: Советский спорт; 2011. 141 с. [Iordanskaya F.A. Monitoring funktsional'noi podgotovlennosti yunyh sportsmenov — rezerva sporta vysshikh dostizhenii: etapy uglublennoi podgotovki i sportivnogo sovershenstvovaniya. M.: Sovetskii sport; 2011. 141 s. (in Russian)]
2. Coutts A.J., Reaburn P., Piva T.J., Rowsell G.J. Monitoring for overreaching in rugby league players. *Eur. J. Appl. Physiol.* 2007; 99(3): 313–24. DOI: 10.1007/s00421-006-0345-z
3. Halson S.L., Jeukendrup A.E. Does overtraining exist? An analysis of overreaching and overtraining research. *Sports Med.* 2004; 34(14): 967–81.
4. Макарова Г.А. Спортивная медицина: Учебник. М.: Советский спорт; 2004. 304 с. [Makarova G.A. Sportivnaya meditsina: Uchebnik. M.: Sovetskii sport; 2004. 304 s. (in Russian)]
5. Peake J.M., Suzuki K., Wilson G., Hordern M., Nosaka K., Mackinnon L. et al. Exercise-induced muscle damage, plasma cytokines, and markers of neutrophil activation. *Med. Sci. Sports Exerc.* 2005; 37(5): 737–45.
6. Кылосов А.А. Динамика физической работоспособности, вариабельности ритма сердца, биохимических и гематологических показателей в течение годового цикла подготовки у юных лыжников: Дис. ... канд. биол. наук. Ярославль, 2009. 150 с. [Kylosov A.A. Dinamika fizicheskoi rabotosposobnosti, variabel'nosti ritma serdtsa, biokhimicheskikh i gematologicheskikh pokazatelei v techenie godichnogo tsikla podgotovki u yunyh lyzhnikov: Dis. ... kand. biol. nauk. Yaroslavl', 2009. 150 s. (in Russian)]
7. Семёнова Е.И. Морфологические показатели периферической крови высококвалифицированных спортсменов-единоборцев Якутии: Дис. ... канд. мед. наук. Якутск, 2011. 124 с. [Semenova E.I. Morfologicheskie pokazateli perifericheskoi krovi vysokokvalifitsirovannykh sportsmenov-edinobortsev Yakutii: Dis. ... kand. med. nauk. Yakutsk, 2011. 124 s. (in Russian)]
8. Schumacher Y.O., Schmid A., Grathwohl D., Bültermann D., Berg A. Hematological indices and iron status in athletes of various sports and performances. *Med. Sci. Sports Exerc.* 2002; 34(5): 869–75.
9. Fisher G., Schwartz D.D., Quindry J., Barberio M.D., Foster E.B., Jones K.W. et al. Lymphocyte enzymatic antioxidant responses to oxidative stress following high-intensity interval exercise. *J. Appl. Physiol.* 1985. 2011; 110(3): 730–7. DOI: 10.1152/jappphysiol.00575.2010
10. Schmidt W., Prommer N. Impact of alterations in total hemoglobin mass on VO 2 max. *Exerc. Sport Sci. Rev.* 2010; 38(2): 68–75. DOI: 10.1097/JES.0b013e3181d4957a
11. Levine B.D. VO 2 max: what do we know, and what do we still need to know? *J. Physiol.* 2008; 586(1): 25–34. DOI: 10.1113/jphysiol.2007.147629
12. Дурманов Н.Д., Филимонов А.С. Диагностика и коррекция нарушений обмена железа в спорте высших достижений. М.: Физкультура и спорт; 2010. 84 с. [Durmanov N.D., Filimonov A.S. Diagnostika i korrektsiya narushenii obmena zheleza v sporte vysshikh dostizhenii. M.: Fizkul'tura i sport; 2010. 84 s. (in Russian)]
13. Brocherie F., Millet G.P., Hauser A., Steiner T. Association of hematological variables with team. *Sport Specific Fitness Performance, Hematology and Fitness in Team Sports.* 2015; 10: 1371–83.
14. Гунина Л.М., Винничук Ю.Д., Головащенко Р.В. Коррекция спортивной анемии как фактора, лимитирующего физическую работоспособность, с помощью цефарансина. Ресурсы конкурентоспособности спортсменов: теория и практика реализации. 2015; 3: 71–3. [Gunina L.M., Vinnichuk Yu.D., Golovashchenko R.V. Korrektsiya sportivnoi anemii kak faktora, limitiruyushchego fizicheskuyu rabotosposobnost', s pomoshch'yu tsefaransina. Resursy konkurentosposobnosti sportsmenov: teoriya i praktika realizatsii. 2015; 3: 71–3. (in Russian)]