

УДК 611.018.5

И.Л. РЫБИНА,Республиканский научно-практический центр спорта,
г. Минск, Республика Беларусь**И.Н. ЖЛОБОВИЧ**Белорусская медицинская академия последипломного образования,
г. Минск, Республика Беларусь**Н.Г. КРУЧИНСКИЙ,** д-р мед. наук, доцент

Полесский государственный университет, г. Пинск, Республика Беларусь

E-mail: nickholas.k@gmail.com*Статья поступила 9 апреля 2018г.***РЕТИКУЛОЦИТЫ ПЕРИФЕРИЧЕСКОЙ КРОВИ КАК МАРКЕР ОЦЕНКИ АДАПТАЦИИ СИСТЕМЫ ТРАНСПОРТА КИСЛОРОДА К ФИЗИЧЕСКИМ НАГРУЗКАМ У СПОРТСМЕНОВ ЦИКЛИЧЕСКИХ ВИДОВ СПОРТА**

В статье описано исследование динамики ретикулоцитарных показателей периферической крови у спортсменов циклических видов спорта, что позволило оценить влияние тренировочного и соревновательного процессов на активность процессов эритропоэза, направленных на компенсацию гипоксического состояния, возникающего под действием физических нагрузок

Представленная статья выполнена в рамках научного раздела Государственной программы “Развитие физической культуры и спорта в Республики Беларусь на 2010-2015гг.” и диссертационного исследования И.Н. Жлобовича

Введение. Ведущая роль в энергообеспечении физической нагрузки в видах спорта с преимущественным проявлением выносливости принадлежит аэробным процессам, где интенсивность мышечной деятельности существенным образом зависит от состояния кислородтранспортной функции крови. Состояние транспорта кислорода, в свою очередь, обусловлено активностью процессов эритропоэза, по интенсивности протекания которых можно определять ранние признаки утомления. Эффективность переноса кислорода более молодыми клетками несколько ниже по сравнению со зрелыми эритроцитами [1, 13].

Об интенсивности эритропоэза позволяет судить количество ретикулоцитов в периферической крови и показатели активности процесса созревания этих клеток. Ретикулоциты содержат остатки рибонуклеиновых кислот, митохондрий и других клеточных органелл, которые разрушаются по мере созревания, а клетки превращаются в зрелые эритроциты [1]. Число ретикулоцитов и их субпопуляций различной степени зрелости в крови отражает регенеративную способность костного мозга и является информативным маркером мониторинга тренировочного про-

цесса [6, 8, 10, 13]. В настоящее время Всемирным антидопинговым агентством (WADA) в модуль биологического паспорта спортсменов введены показатели ретикулоцитов в периферической крови, что обусловило повышенный интерес к изучению реакции данного показателя под влиянием тренировочного и соревновательного процессов [14]. На данный момент в специальной литературе опубликовано сравнительно мало данных, касающихся поведения ретикулоцитов в зависимости от воздействия тренировочных и соревновательных нагрузок. Так, результаты исследований свидетельствуют о том, что изменение структурно-функциональных характеристик ретикулоцитов зависит от специфики вида спорта, а также сезонных факторов, связанных с особенностями построения тренировочного процесса и графиком соревнований [2-4, 6-11, 13]. В опубликованных ранее работах отмечаются колебания диапазона ретикулоцитов в течение соревновательного сезона от 5 до 21% [9, 11].

Результаты исследований функционального состояния ретикулоцитарного звена в различные периоды подготовки в некоторых исследованиях выявили тенденцию к сниже-

нию их числа от обще-подготовительного к соревновательному периоду [8]. При этом возможны различия в динамике общего числа ретикулоцитов у представителей различных видов спорта, но в большинстве случаев наблюдается уменьшение данного показателя к соревновательному периоду, либо отсутствие какой-либо динамики [4, 7], а показатель фракции незрелых ретикулоцитов (IRF) не претерпевает существенных флуктуаций в различные периоды тренировочного цикла. Имеются так же некоторые данные и об увеличении показателя IRF у представителей циклических дисциплин в течение соревновательного сезона [7]. В целом опубликованные в доступной литературе результаты характеризуются разнонаправленной динамикой структурно-функционального состояния ретикулоцитов под влиянием напряженной мышечной деятельности [6, 8, 10, 12]. Следовательно, исследование тренда изменения состояния ретикулоцитов под влиянием тренировочного процесса представляет как научный, так и практический интерес, что собственно и было отражено нами в более ранних публикациях [2-4].

Цель настоящего исследования состояла в изучении ретикулоцитарного звена кроветворения у высококвалифицированных спортсменов в циклических видах спорта.

Материалы и методы. Исследовано содержание ретикулоцитов и фракции их незрелых форм (IRF) у 305 спортсменов высокой квалификации в возрасте 19-26 лет, специализирующихся в видах спорта с преимущественным проявлением выносливости (биатлон, велоспорт, гребля академическая, гребля на байдарках и каноэ, лыжные гонки и плавание). Всего обработаны результаты 459 гематологических обследований на различных этапах подготовки. Исследование капиллярной крови осуществлялось с исполь-

зованием гематологического анализатора SYSMEX XT 2000i (Япония).

Статистический анализ состоял из методов описательной статистики, непараметрических методов анализа. Изменения считались значимыми при $p < 0.05$. Все статистические методики реализованы с помощью пакета прикладных программ Statistica 7.0 (StatSoft, США).

Результаты и их обсуждение. На диапазон содержания ретикулоцитов в периферической крови может влиять ряд факторов, в том числе индивидуальные особенности обмена веществ, суточные биоритмы, сезонность, состояние физиологической активности организма спортсменов, их гендерные и возрастные различия, и многие другие, связанные, в частности, со спецификой мышечной деятельности в зависимости от избранного вида спорта [2, 4, 6, 8-12]. Данные содержания ретикулоцитов являются ценными ориентирами для выявления ранних признаков снижения кислородтранспортной функции крови и в соответствии с этим своевременного проведения необходимой фармакологической и немедикаментозной коррекции процесса тренировки с целью повышения его эффективности [7].

Диапазоны содержания ретикулоцитов и фракции их незрелых форм у обследованных нами представителей циклических видов спорта показаны в таблице 1. В соответствии с представленными данными, не выявлено статистически значимых различий изучаемых показателей в зависимости от вида спорта, а также в гендерном и квалификационном аспекте.

Из данных рисунка 1 следует, что в процессе исследования выявлена разнонаправленная тенденция тренда содержания ретикулоцитов в возрастном аспекте у спортсменов мужского и женского пола.

Таблица 1 – Содержание ретикулоцитов (%) и фракции их незрелых форм (IRF) в периферической крови высококвалифицированных спортсменов циклических видов спорта ($X \pm \sigma$)

Вид спорта	Мужчины			Женщины		
	n	Ретикулоциты, %	IRF	n	Ретикулоциты, %	IRF
Биатлон	12	0,60±0,20	3,28±1,74	19	0,64±0,31	2,10±1,68
Лыжные гонки	48	0,51±0,23	2,83±1,59	18	0,58±0,16	1,77±1,36
Плавание	56	0,64±0,21	3,98±2,32	92	0,61±0,23	3,06±2,07
Гребля академическая	63	0,62±0,23	2,54±2,02	28	0,60±0,20	3,42±2,07
Гребля на байдарках и каноэ	43	0,61±0,20	6,21±2,78	32	0,58±0,21	3,76±2,59
Велоспорт (шоссе)	41	0,61±0,22	2,61±1,78	7	0,64±0,21	3,53±2,08

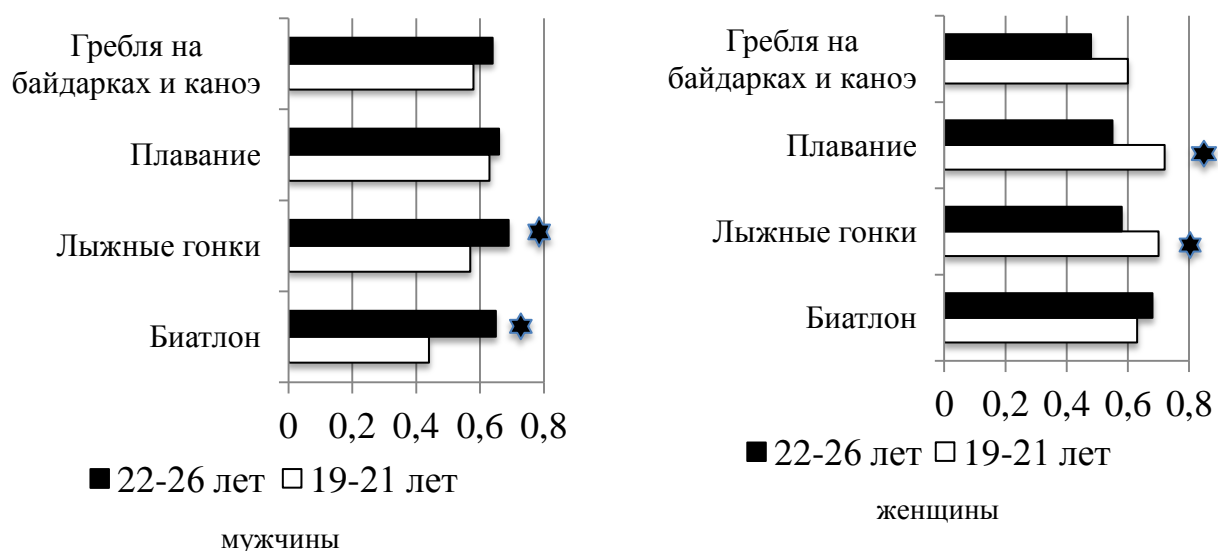


Рисунок 1 – Средне-групповые данные содержания ретикулоцитов у спортсменов циклических видов спорта в возрастном и гендерном аспектах
 (* – статистически достоверные различия, $p < 0,05$)

Так, у спортсменов мужского пола в возрастном аспекте отмечается увеличение содержания молодых клеток эритроцитарного ряда, у женского пола – снижение. Данное явление, по-видимому, связано с различием динамики процессов активации и ингибирования эритропоэза различных гендерных групп с увеличением возраста. Как известно, ведущим фактором стимуляции эритропоэза является синтез гормона эритропоэтина, возникающий в ответ на возникновение гипоксического состояния [5].

Кроме того, существенное влияние на процесс эритропоэза оказывают и половые гормоны [1, 5]. Так, женские половые гормоны эстрогены вызывают торможение эритропоэза. Положительное же влияние на активацию эритропоэза оказывают продукты метаболизма мужских половых гормонов андрогенов, способствующие увеличению чувствительности костного мозга к эритропоэтину. По мере увеличения продукции половых гормонов в возрастном аспекте изменяется и активность процессов эритропоэза, обусловленная разнонаправленным эффектом воздействия на эритропоэтическую функцию эстрогенов и андрогенов.

На рисунках 2 и 3 представлены линии тренда средне-групповых значений содержания ретикулоцитов периферической крови у обследованных атлетов на различных этапах годичного цикла подготовки. Тенденции из-

менения количества ретикулоцитов на этапах годичной подготовки различаются, но вызывает особый интерес очевидная общая для всех видов спорта закономерность снижения количества ретикулоцитов в соревновательном периоде, который характеризуется высоким напряжением функциональных систем, в том числе и кислородтранспортной.

Данная закономерность проявляется независимо от гендерной принадлежности. Аналогичным образом в эти периоды выглядит и динамика индекса созревания ретикулоцитов (IRF).

Снижение относительного содержания ретикулоцитов и количества их незрелых форм в соревновательном периоде может быть обусловлено как ускорением созревания клеток эритроидного ряда, так и собственно замедлением активности эритропоэза. Ускорение клеточного созревания может быть следствием запуска адаптационного механизма, направленного на улучшение кислородтранспортной функции крови с участием более зрелых клеток эритроидного ряда. С другой стороны, снижение возможностей системы кроветворения в сегменте эритропоэза к началу соревновательного периода может быть следствием выполнения большого объема тренировочных нагрузок на предшествующих этапах подготовки.

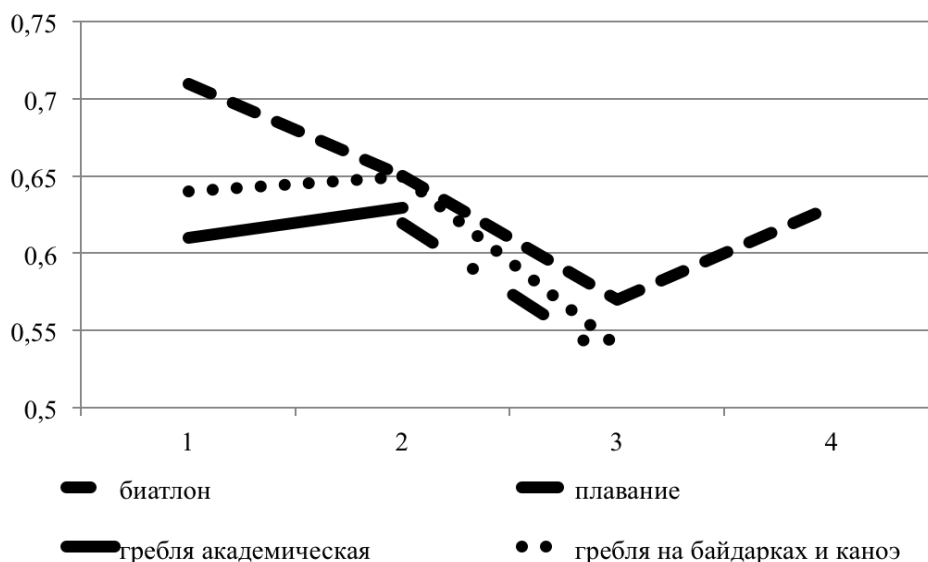


Рисунок 2 – Динамика содержания ретикулоцитов на этапах годового цикла (1 – общеподготовительный, 2 – специально-подготовительный, 3 – соревновательный и 4 – восстановительный периоды) подготовки у представителей циклических видов спорта мужского пола

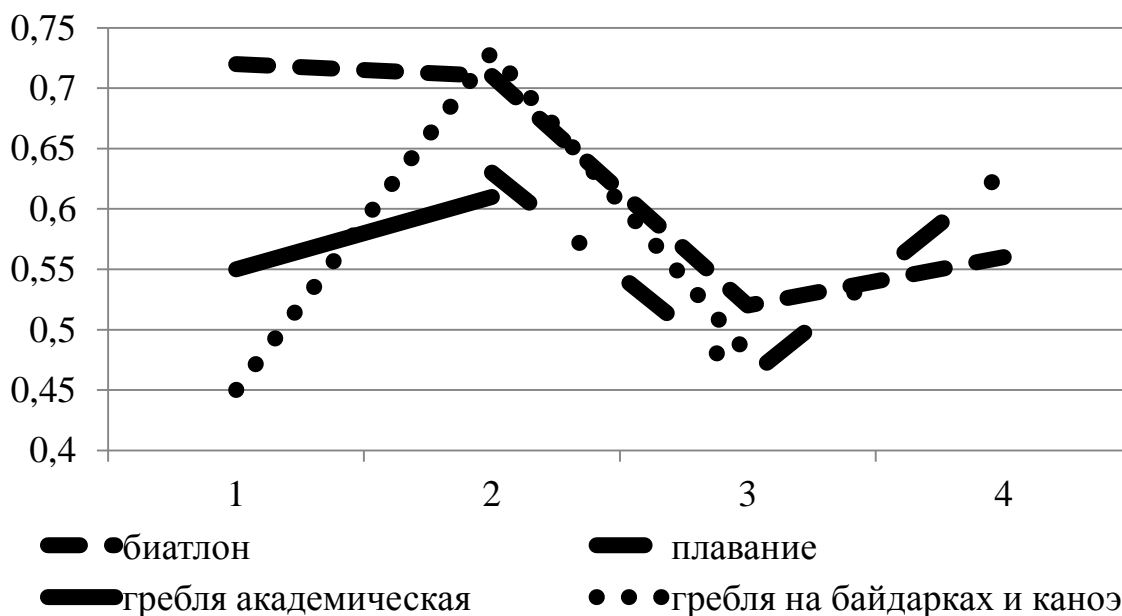


Рисунок 3 – Динамика изменения содержания ретикулоцитов на этапах годового цикла (1 – общеподготовительный, 2 – специально-подготовительный, 3 – соревновательный и 4 – восстановительный периоды) подготовки у представителей циклических видов спорта женского пола

В результате напряженной мышечной деятельности происходит уменьшение пролиферативной активности костного мозга и соответствующей реакции системы эритрона под воздействием возрастания потребности организма спортсмена в продукции клеток эритроцитарного ряда. В основе механизма данного явления может быть недостаточное количество сывороточного железа и белко-

вых структур для нужд эритропоэза, что в результате и вызывает его ингибирование. С одной стороны, недостаток железа приводит к снижению синтеза железосодержащих белков, а с другой – недостаток белков, например, трансферрина, снижает возможность транспортировки железа для эритропоэтических нужд. Кроме того, активация процессов перекисного окисления липидов в процессе

высокоинтенсивных физических нагрузок может способствовать повреждению клеточных мембран клеток эритроцитарного ряда.

Тенденция возрастания числа ретикулоцитов и параметра IRF от общеподготовительного к специально-подготовительному периоду, по-видимому, является следствием выполнения значительного объема тренировочных нагрузок, направленных на развитие выносливости. Более интенсивные и более длительные тренировки, сосредоточенные на развитии выносливости в общеподготовительном периоде, очевидно, приводят к длительной стимуляции костного мозга вследствие процессов гемолиза эритроцитов, вызванного тренировками.

Выводы. Таким образом, проведенное исследование динамики ретикулоцитарных показателей периферической крови у спортсменов циклических видов спорта позволяет оценить влияние тренировочного и соревновательного процессов на активность процессов эритропоэза, направленных на компенсацию гипоксического состояния, возникающего под действием физических нагрузок.

Эффект воздействия тренировочных нагрузок на ретикулоцитные показатели в годичном тренировочном цикле связан с направленностью, длительностью и интенсивностью физических нагрузок в различные периоды подготовки. При этом изменения ретикулоцитных показателей могут быть обусловлены эффектами как гемоконцентрации, так и гемодилюции, возникающие после работы в соответствующих зонах энергообеспечения.

Список литературы

1. Андерсон, Ш. Описание гемопоэтических клеток и форменных элементов крови / Ш. Андерсон, К. Поулсен // Атлас гематологии = Atlas of Hematology / Под ред. В. П. Сапрыкина. — М.: Логосфера, 2007. Часть I. — 608 с.
2. Кручинский, Н.Г. Содержание ретикулоцитов и их субпопуляций различной степени зрелости: адаптационные изменения и взаимосвязь с другими показателями эритроцитарного звена и физической работоспособности в процессе подготовки биатлонистов высокой квалификации / Н.Г. Кручинский [и др.] // Спортивная медицина: наука и практика. — 2011. — № 4. — С. 7 – 13.
3. Рыбина, И.Л. Использование ретикулоцитов и их субпопуляций различной степени зрелости в практике подготовки высококвалифицированных спортсменов / И.Л. Рыбина, И.Н. Жлобович, Н.Г. Кручинский // Спортивная медицина: наука и практика. — 2011. — № 1-2. — С. 69 – 74.
4. Рыбина, И.Л. Использование динамики содержания ретикулоцитов в контроле подготовкой спортсменов высокой квалификации: методические рекомендации / И.Л. Рыбина [и др.]. — Минск, 2014. — 56 с.
5. Фармакология спорта / Горчакова Н. А. [и др.]; под общ. ред. С.А. Олейника, Л.М. Гуниной, Р.Д. Сейфуллы. — К.: Олимпийская литература, 2010. — 640 с.
6. Asshenden, M. J. Ariation of Hemoglobin and Reticulocytes in Elite Rowers / M. J. Asshenden [et al.] // Haematologica. — 2004. Vol. 89. — № 11. — P. 1403 – 1404.
7. Banfi, G. Behaviour of reticulocyte counts and immature reticulocyte fraction during a competitive season in elite athletes of four different sports / G. Banfi, M. Del Fabbro // Int. J. Lab. Hematol. — 2007. — Vol. 29. — P. 127 – 131.
8. Banfi, G. Reticulocytes in sports medicine / G. Banfi // Sports Med. — 2008. — Vol. 38. — № 3. — P. 187 – 211.
9. Banfi, G. Seasonal variations of haematological parameters in athletes / G. Banfi [et al.] // Eur. J. Appl. Physiol. — 2011. — № 111(1). — P. 9 – 16.
10. Fallon, K. E. Changes in Erythropoiesis Assessed by Reticulocyte Parameters during Ultralong Distance Running / K.E. Fallon, G. Bishop // Clin. J. Sports Med. 2002. — Vol. 12. — № 3. — P. — 172 – 178.
11. Lombardi, G. Reticulocytes in sports medicine: an update / G. Lombardi [et al.] // Adv. Clin. Chem. — 2013. — № 59. — P. 125 – 153.
12. Metabolism during physical activity / Edited by Mark Hargreaves: Hooman Kinetics Publishing, 1984. — 288 p.
13. Nadarajan, V.S. The Utility of Immature Reticulocyte Fraction as an Indicator of Erythropoietic Response to Altitude Training in Elite Cyclists / V.S. Nadarajan [et al.] // Int. J. Lab. Hematol. — 2009. — № 6. — P. 10 – 12.
14. WADA: ATHLETE BIOLOGICAL PASSPORT (ABP) OPERATING GUIDELINES: <https://www.wada-ama.org/en/resources/athlete-biological-passport/athlete-biological-passport-abp-operating-guidelines>

**RYBINA I.L.
ZHLOBOVICH I.N.
KRUCHINSKY N.G.**

**PERIPHERAL BLOOD RETICULOCYTES AS A MARKER OF EVALUATION
ADAPTATION OF THE OXYGEN TRANSPORT SYSTEM TO PHYSICAL
LOADS AT SPORTSMEN OF CYCLIC SPORTS**

The article describes the study of the dynamics of reticulocyte parameters of peripheral blood in cyclic sportsmen, which allowed to evaluate the influence of training and competitive processes on the activity of erythropoiesis processes aimed at compensating for the hypoxic state that occurs under the influence of physical exertion.

Received 9 April 2018