

КОРРЕЛЯЦИЯ МОЩНОСТИ И УРОВНЯ ГЕМОГЛОБИНА ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ СПОРТИВНОГО РЕЗУЛЬТАТА

Агишев Александр Анатольевич

Доцент кафедры физического воспитания. Алтайский государственный университет. Барнаул, Россия. E-mail: videoglobus@yandex.ru

Фатеев Илья Сергеевич

Студент физико-технического факультета. Алтайский государственный университет. Барнаул, Россия. E-mail: progressnumber1@gmail.com

CORRELATION OF POWER AND HEMOGLOBIN LEVEL FOR THE FORMATION OF A SPORTS RESULT

Agishev Alexander Anatolyevich

Associate Professor of the Department of Physical Education. Altai State University, Barnaul, Russia
E-mail: videoglobus@yandex.ru

Fateev Ilya Sergeevich,

student of the Faculty of Physics and Technology. Altai State University, Barnaul, Russia E-mail:
progressnumber1@gmail.com

Следует цитировать / Citation:

Агишев А. А., Фатеев И. С. Корреляция мощности и уровня гемоглобина для формирования спортивного результата // Здоровье человека, теория и методика физической культуры и спорта. — 2019. — № 2 (13). — С. 110–120. URL: <http://journal.asu.ru/index.php/zosh>

Agishev A. A., Fateev I. S. 2019. Correlation of power and hemoglobin level for the formation of a sports result. Health, Physical Culture and Sports, 1 (12), pp. 110–120 (in Russian). URL: <http://journal.asu.ru/index.php/zosh>.

Поступило в редакцию / Submitted 13.03.2019

Принято к публикации / Accepted 15.04.2019

Аннотация. Исследуется уровень гемоглобина в крови спортсмена как основной фактор, влияющий на аэробную работоспособность организма и достижение потенциально высокого спортивного результата. Решение задачи доставки кислорода к работающим мышцам актуально на всем протяжении развития спортивной деятельности и достигает пикового значения при высоком уровне подготовленности спортсмена при выполнении работы максимальной и субмаксимальной мощности. Наиболее востребовано кислородообеспечение в видах спорта, предъявляющих самые высокие требования к доставке в организм кислорода и удалению из него углекислого газа. Такими видами спортивной деятельности могут быть, например, лыжные гонки или легкая атлетика со специализацией бега на длинные и сверхдлинные дистанции. Когда тренированный организм научился поставлять требуемое коли-

чество кислорода к работающим мышцам, возникает задача поиска новых способов улучшения подготовленности спортсмена. Авторами данной публикации высказывается мнение, что дозированная повторяемая физическая нагрузка на коротких отрезках может менять состав крови таким образом, что возможно найти оптимальное соотношение между такими тренировками и спортивным результатом. Важным фактором для способности крови переносить кислород является гематокрит (объем красных кровяных клеток — эритроцитов в крови). Гематокрит может стремительно изменяться, все зависит от интенсивности тренировок. Он способен повышаться из-за уменьшения объема плазмы, особенно при недостаточном восполнении жидкостью, что, в свою очередь, связано со сгущением крови и, следовательно, ухудшением транспорта кислорода. Однако для спортсменов характерен сниженный уровень гематокрита после тренировок, несмотря на то, что во время тренировок вязкость крови возрастает. По анализу данных научных статей по предложенной теме делается предположение о вариативности уровня гемоглобина в крови спортсмена при выполнении спортивной работы определенной мощности, что дает возможность избирательно подходить к выбору тренировочной нагрузки.

Ключевые слова: гемоглобин, гематокрит, спортивная подготовка, спортивный результат, аэробные нагрузки, аэробная работоспособность, мощность.

Annotation. In this article, was investigated the relationship between the hemoglobin level in athlete's blood as the main factor influencing the aerobic performance of the body and the achievement of a potentially high sports result. The general role of hemoglobin described by chemical and biological points of view. The solution of the problem of delivering oxygen to working muscles is relevant throughout the development of sports activities and reaches a peak with a high level of fitness of an athlete when performing work of maximum and submaximal power.

The most demanded oxygen supply in sports place highest demands on the delivery of oxygen to the body and the removal of carbon dioxide from it. Such sports activities can be, for example, cross-country skiing or athletics specialized in running for long and extra long distances. When a trained body has learned to supply the required amount of oxygen to working muscles, the problem arises of finding new ways to improve athlete's fitness. The authors of this publication expressed the opinion that the dosed repeated physical load on short lengths can change the composition of the blood in such a way that it is possible to find the optimal ratio between such workouts and sports results. An important factor for the ability of blood to carry oxygen is hematocrit (the volume of red blood cells). Hematocrit can change rapidly, it all depends on the intensity of training. It is able to increase due to a decrease in plasma volume, especially with insufficient fluid replenishment, which, in turn, is associated with thickening of the blood and, consequently, deterioration of oxygen transport. However, athletes are characterized by reduced hematocrit after exercise, despite the fact that during training the blood viscosity increases. By analyzing the data of scientific articles of the proposed topic, an assumption is made about the variability of the hemoglobin level in the athlete's blood when performing sports work of a certain power, which makes it possible to selectively choose the training load.

Keywords: hemoglobin, hematocrit, sports training, athletic performance, aerobic exercise, aerobic performance, power.

Актуальность. Физические нагрузки закономерно повышают кислородную потребность тканей, поэтому считается, что уровень спортивного мастерства за-

висит преимущественно от состояния системы транспорта кислорода. Особенно ярко эта закономерность проявляется в циклических видах спорта, которые требуют длительной

работы в зоне большой и максимальной мощности [1–16].

Один из наиболее сложных вопросов спортивной физиологии — определение факторов, ограничивающих аэробную работоспособность. К таким факторам относятся: легочно-диффузионная способность, максимальный сердечный выброс, кислородно-транспортная функция крови, характеристики скелетных мышц [1, с. 17–21]. Следовательно, изучение явлений, происходящих в организме спортсмена, практикующего аэробную деятельность, способствует совершенствованию программ тренировок и повышению потенциального спортивного результата.

По данному направлению существует ряд работ, прямо или косвенно характеризующих связь показателей гемограммы крови и спортивных результатов спортсменов. Так, Д. Н. Дроздов и А. В. Кравцов в своей статье пытались выяснить, как влияет физическая нагрузка на показатели периферической крови человека [2, с. 22–26]. Saurin Sanghavi и соавторы рассматривали влияние гемоглобина на выносливость в спортивной деятельности, а также сравнивали количество эритроцитов у людей, практикующих работу на выносливость, и людей, ведущих сидячий образ жизни [3, с. 26–29].

В своей работе [4, с. 87–95] авторы А. А. Митрофанов и С. Н. Литвиненко представили результаты показателей кислородообеспечения в процессе последовательного преодоления 10 отрезков в течение 65–70 секунд каждый в беге и плавании.

В. Э. Диверт с соавторами в своей статье [5, с. 207–224] пишет о том, что пловцов высокой квалификации, практикующих длительные интенсивные тренировки, отличает способность поддерживать уровень оксигенации гемоглобина крови на более высоком уровне в условиях гипоксии, где у высококлассных спортсменов ответные реакции сердечной мышцы снижаются.

Н. В. Рылова, А. А. Биктимирова и В. С. Назаренко [6, с. 147–150] представляют результаты изучения максимального потребления кислорода в двух группах юных спортсменов и срав-

нивают их показатели с контрольной группой мальчиков, не занимающихся спортом.

Victor Novack совместно со своими коллегами [7, с. 128–133] исследовал некоторые показатели, такие как железо, гемоглобин и другие, в крови молодых людей 18–20 лет, подверженных постоянным интенсивным физическим нагрузкам.

Н. И. Медведкова, М. Ю. Нохрин и В. Д. Медведков [8, с. 100–105] показали зависимость уровня квалификации 17–18-летних спортсменов и параметров гемограмм их крови. Этими авторами было установлено, что с повышением спортивной квалификации увеличивается содержание гемоглобина в крови. И. Л. Рыбина предоставила результаты изучения процессов биохимической адаптации организма высококвалифицированных лыжников к тренировочным нагрузкам в горных и равнинных условиях [9, с. 47–50].

Н. Kuipers и другие [10, с. 1–5] изучили изменения концентрации среднего уровня гемоглобина в крови конькобежцев с 2000 по 2005 г. С. Н. Шихвердиев исследовал проблему определения специфики адаптированности к спортивной деятельности на этапе завершения карьеры спортсменов в зависимости от их пола, возраста, спортивного стажа, специализации и уровня спортивной квалификации [11, с. 120–124].

Чем выше общая гемоглобиновая масса, тем больше шансов у спортсмена показать хорошие результаты. Этому сопутствует ряд причин. Продолжительность и интенсивность занятий приведут к различным показателям гемоглобиновой массы и объему циркулирующей крови, из чего можно сделать вывод, что у спортсменов различных видов спорта и различных спортивных разрядов параметры гемограммы крови будут различны.

Цель и задачи исследования. Выявить взаимосвязь между основными показателями гемограммы крови при выполнении аэробных упражнений спортсменами разного уровня квалификации в разных циклических видах спорта.

Методы исследования. Изучение специальной литературы, знакомство с исследова-

ниями и статьями на смежную тему, обобщение имеющихся данных.

Известно, что при мышечной деятельности большое значение имеет повышенное содержание эритроцитов и гемоглобина, так как скорость доставки кислорода к работающим мышцам является одним из основных факторов, определяющих работоспособность мышц, что является предельно важным для спортсменов, подверженных аэробным нагрузкам. В частности, резкое снижение физической работоспособности может быть определено с помощью показателей лактата (La), рН крови в динамике и гемоглобина. Эти показатели — объективные критерии подготовленности спортсмена к спортивной нагрузке [12, с. 145]. Можно утверждать, что эффективность спортсмена должна определяться высокой транспортной способностью крови.

Работа «Фармакологическая помощь спортсмену: коррекция факторов, лимитирующих спортивный результат» [13, с. 160] в целом подтверждает, что высокие результаты возможны только при наличии хорошо функционирующей системы транспорта кислорода. В ней также говорится о том, что эритроциты связывают и переносят кислород, однако, если уровень гемоглобина по какой-то причине уменьшается, то способность крови переносить кислород тоже снижается. При этом максимальное потребление кислорода (МПК) уменьшается примерно на величину изменения способности переноса кровью кислорода, так как величина МПК зависит от кислородно-транспортных возможностей крови. Вид зависимости между МПК и уровнем гемоглобина в крови стал темой нашего исследования.

При снижении транспорта кислорода неминуемо ухудшается работоспособность, поскольку анаэробная система подключается к энергообеспечению нагрузки при относительно более низкой скорости передвижения, приводя к более раннему образованию молочной кислоты. При снижении гемоглобина увеличивается частота сердечных сокращений (ЧСС), так как для поддержания того же уровня транспорта кислорода при меньшем коли-

честве гемоглобина сердце должно перекачивать больше крови.

Известно также, что хорошо сбалансированная регуляция мышечной деятельности позволяет спортсмену при наличии соответствующего уровня мотивации максимально использовать свои функциональные возможности, обеспечивая необходимую экономизацию функций во время работы на выносливость и определяя скорость восстановительных процессов [2, с. 22–26].

В последние годы значительно возрос интерес исследователей к изучению влияния физических нагрузок на метаболизм и функциональные показатели разных систем организма, в частности, транспорта кислорода, у спортсменов разной специализации и уровня подготовленности [4, с. 87–95; 5, с. 207–224; 6, с. 147–150].

Теоретически и практически для спортсменов очень важна прочность связи гемоглобина с кислородом. Именно этот механизм является одним из важнейших для оптимизации транспорта кислорода. Изменение прочности связи гемоглобин — кислород может зависеть от условий, в которых существует человек:

1) в условиях высокогорья, ввиду адаптации, гемоглобин легче присоединяет кислород в легких, чтобы сохранить общий уровень кислорода;

2) при физической активности, когда гемоглобин легче отдает кислород тканям для поддержания нужного уровня работоспособности.

Если рассматривать максимальное потребление кислорода как критерий аэробной мощности, который может дать качественную и количественную оценку потенциальной работы, выполненной спортсменом за единицу времени, то наличие связи между МПК и гематокритом будет однозначно свидетельствовать о влиянии последнего на моментальные спортивные показатели, а значит, и влиянии уровня гемоглобина на них.

Не во всех исследованиях устанавливается однозначная связь между уровнем гемоглобина и МПК. В частности, в статье [2, с. 22–26] показано увеличение среднего значения МПК от стажа тренировок, но однозначной корреляционной связи между текущими показателя-

ми гемограммы крови и МПК получить не удалось. Хотя, понятно, что повышение уровня гемоглобина увеличивает количество доставляемого тканям кислорода.

Следовательно, хорошая производительность спортсмена должна определяться высокой транспортной способностью крови. Определение взаимосвязи МПК с уровнем насыщенности крови кислородом, в зависимости от вида аэробной физической деятельности, совместно с результатами этой деятельности должно полностью характеризовать связь показателей крови и мощности спортсмена.

Дж. Х. Уилмор и Д. Л. Костилл в работе «Физиология спорта» [14, с. 503] утверждают, что наиболее распространенными методами оценки анаэробного усилия являются методы, включающие изучение избыточного потребления кислорода после нагрузки, или лактатного порога. Это значит, что мощность спортсмена можно оценивать, не только непосредственно регистрируя его моментальные показатели во время тренировки, но и производить оценку его потребления кислорода после трени-

ровки. Поскольку потребность в кислороде и его доставка отличаются в момент перехода от состояния покоя к выполнению физического упражнения, в организме наблюдается дефицит кислорода даже при незначительной физической нагрузке. Несмотря на недостаток кислорода в мышцах по-прежнему образуется аденозинтрифосфат (АТФ) с помощью анаэробных процессов обмена.

В начале выполнения упражнения некоторое количество кислорода может быть взято из запасов (гемоглобина и миоглобина). Во время восстановления это количество кислорода должно быть восполнено. Кроме того, после выполнения упражнения дыхание некоторое время остается учащенным. Частично это обусловлено попыткой устранить накопившийся в тканях углекислый газ как продукт метаболизма. Температура тела также повышена, в результате чего поддерживается высокая интенсивность метаболизма и дыхания, что требует больше кислорода.

Упрощенная схема процесса представлена на рисунке.



Упрощенный вид зависимости потребления кислорода от времени при физической активности

На данный момент существует несколько исследований, прямо или косвенно связанных с уровнем гемоглобина и его влиянием на спортивные показатели человека. Так, в работе «Динамика срочной адаптации к действию регулярной физической нагрузки у молодых мужчин» [2, с 22–26] представлены результаты исследования влияния физической

нагрузки на показатели периферической крови человека. В качестве объекта исследования рассматривалась периферическая кровь, взятая у обследованных мужчин в возрасте от 20 до 35 лет до и после тренировки. Целью исследования стала оценка силы влияния физической нагрузки и стажа тренировочных занятий на содержание гемоглобина и эритроцитов,

изучение динамики срочной адаптации клеток красной крови к действию физической нагрузки и ее связь с физической работоспособностью группы молодых мужчин, занимающихся в спортивной секции любительского спорта и имеющих разный стаж занятий.

В результате проведенного исследования оценена реакция клеток красной крови на факт физической нагрузки. Установлено, что увеличение количества гемоглобина и эритроцитов в периферической крови отличается от исходного уровня. Это относится как к моментальным изменениям, происходящим в процессе тренировки, так и к долгосрочным, которые характеризуют спортсмена после прекращения физической активности. Однако не все исследования подтверждают факт данных долгосрочных изменений. В частности, результатом исследования, описанного в статье [3, с. 26–29] и ряде других исследований, является, наоборот, уменьшение общего уровня гемоглобина и эритроцитов у спортсменов, практикующих аэробную деятельность.

Среднее значение МПК в зависимости от стажа тренировок увеличивается, однако статистически достоверной корреляционной связи между показателями крови (гемоглобина, эритроцитов) и МПК установить не удалось.

В статье А. А. Митрофанова и С. Н. Литвиненко [4, с. 87–95], в свою очередь, представлены результаты сравнительного исследования показателей обеспечения крови кислородом в процессе последовательного преодоления 10 отрезков в течение 65–70 секунд в беге и плавании. Беговая и плавательная тренировки проводились в разные дни недельного цикла.

Показано, что показатель насыщенности крови кислородом колебался в пределах статистической погрешности при выполнении интервальной нагрузки сходной интенсивности как в беге, так и в плавании. Кроме того, в статье затрагиваются механизмы митохондриального биогенеза как многокомпонентного и сложного процесса. При этом обосновывается предположение о том, что качественные адаптационные сдвиги могут быть достигнуты при условии не гипоксии, а повы-

шенного насыщения спортсмена кислородом во время тренировки, что стимулировало бы образование новых митохондрий и, соответственно, повышало бы энергетический потенциал клеток.

Митохондрии являются довольно важными органоидами клетки, особенно для спортсменов, ибо определяют энергетический потенциал этой клетки, т. е. играют одну из определяющих ролей в циклических видах спорта, требующих проявления аэробной выносливости. Для циклических видов спорта являются актуальными поиски новых методик по усовершенствованию работы имеющихся митохондрий, а также нахождение средств по увеличению их количества. Идея об использовании большего количества кислорода в тренировках в целях усиления митохондриального биогенеза нуждается в дальнейших исследованиях и методических разработках.

Более кратко сформулированная цель исследования заключалась в том, чтобы сравнить показатели насыщения крови кислородом при выполнении интервальной нагрузки, одинаковой продолжительности и интенсивности в беге и плавании, т. е. произвести сравнение видов спорта по описанным критериям.

Сравнение показателей насыщения крови кислородом при выполнении интервальной нагрузки в форме последовательного преодоления 10-ти отрезков на уровне 80% от максимальной мощности в течение 65–70 секунд в беге и плавании не выявило достоверных различий в содержании гемоглобина в крови испытуемых на достигнутом уровне тренированности.

Показатели задержки дыхания на вдохе свидетельствуют о более выраженных адаптационных перестройках кардиореспираторной системы после интервальной тренировки в беге по сравнению с плаванием, а также выявляют характер приспособительных изменений к представленному виду нагрузки.

К данным выводам можно отнести результаты статьи «Кардиореспираторные реакции на гипоксию и гиперкапнию у пловцов» [5, с. 207–224], в которой было показано, что, например, пловцы высокой квалификации име-

ют пониженные уровни газообмена и лёгочной вентиляции. Отмечено, что длительные интенсивные занятия плаванием, сопряженные с волевым управлением внешним дыханием, могут приводить к повышению артериального давления. Пловцов отличает способность поддерживать уровень оксигенации гемоглобина крови на более высоком уровне в условиях гипоксии, где у высококлассных спортсменов ответные реакции сердечной мышцы снижаются.

Вышеописанные результаты хотя и являются долгосрочными и описывают не моментальное состояние спортсмена, но они способны дать качественное представление о физиологических характеристиках, в частности крови, в момент тренировки. Пока остановимся еще на нескольких результатах.

В статье Н. В. Рыловой и соавторов [6, с. 147–150] представлены результаты изучения максимального потребления кислорода в двух группах юных спортсменов (пловцы и играющие в хоккей на траве) и контрольной группе подростков, не занимающихся спортом. Важным для рассмотрения можно считать то, что при исследовании максимального потребления кислорода у атлетов, специализирующихся в различных видах спорта, в частности, хоккее на траве и плавании, выявлено то, что и относительные, и абсолютные показатели МПК выше у пловцов, что соответствует результатам [4, с. 87–95].

В учебном пособии «Физиология спорта» [15, с. 92] МПК является основным показателем аэробных возможностей организма. Это свидетельствует о том, что чем выше МПК, тем больше абсолютная мощность максимальной аэробной нагрузки, выполняемой спортсменом и тем относительно легче и поэтому длительнее выполнение аэробной работы (выполняется больший объем работы), следовательно, мощность спортсмена в процессе тренировок или соревнований. Однако потребление кислорода при спортивной деятельности редко достигает максимальных величин, так как при МПК можно работать весьма ограниченное время. Это объясняется исходными физиологическими особенностями спортсмена и теми изменениями, которые провоцируются

определённой деятельностью, в частности, выполнением конкретных групп упражнений, являющихся специфическими для того или иного вида спорта. Отсюда и происходит зависимость значения МПК от вида спорта. Величина МПК, как и характеристика самого спортсмена, зависит от многих факторов: роста и массы тела, пола, возраста, тренированности и спортивной специализации.

Наиболее важным фактором МПК является деятельность кислородтранспортной системы и системы утилизации кислорода, т. е. мышечной системы, содержащей определённую массу митохондрий. Это связано с предположением А. А. Митрофанова и С. Н. Литвиненко [4, с. 87–95].

В пособии «Физиология спорта» [15, с. 92] говорится о том, что повышение аэробной выносливости объясняется изменениями в системе крови: увеличение объёма циркулирующей крови является специфическим эффектом тренировки выносливости и в большей степени обусловлено увеличением объёма плазмы (жидкой части крови). Именно в момент тренировочного процесса происходит повышение вязкости крови, что провоцирует увеличение вязкости плазмы крови и снижает пластичность эритроцитов. Одновременно увеличивается общее содержание белков в циркулирующей крови. Благодаря этим изменениям центральный объём крови и венозный возврат начинают возрастать. Они, в свою очередь, обеспечивают большой систолический объём крови, увеличивают возможности теплоотдачи из-за усиления кровотока к коже, обеспечивают большее разведение продуктов тканевого метаболизма, а также создают резерв для потери плазмы во время работы. Объяснить это можно следующим: гематокрит, или объём красных кровяных клеток (эритроцитов) в крови, определяет способность крови переносить кислород. Большинство исследований показывают, что гематокрит спортсменов ниже, чем у нетренированных людей. Чрезмерно повышенный гематокрит увеличивает вязкость крови, повышая при этом общее количество гемоглобина. Возможно, это может означать, что низкий гематокрит соответствует

низкому уровню гемоглобина. Это можно связать с результатами статьи [3, с. 26–29].

Из сказанного можно заключить, что вязкость крови снижается из-за более низких показателей гематокрита в крови спортсмена. Низкий уровень гематокрита после тренировки объясняется быстрым увеличением объема жидкой части крови — увеличением плазмы. О подобном говорит и Victor Novack [7, с. 128–133]. Увеличение объема плазмы после тренировки также можно связать с сниженным уровнем гемоглобина у спортсменов.

Уровень гемоглобина влияет на физиологию аэробных упражнений. Во время тренировки эритропоэз (один из процессов, связанных с образованием эритроцитов) стимулируется рабочим гемолизом (процесс, связанный с разрушением эритроцитов). Происходящая во время работы гемоконцентрация обеспечивает повышение содержания гемоглобина и увеличивает кислородную ёмкость крови.

Следовательно, пониженная концентрация эритроцитов и гемоглобина создаёт определенные преимущества для спортсмена, тренирующего выносливость, увеличивая диапазон рабочих изменений у него в крови.

Пособие по спортивной физиологии для студентов институтов физической культуры [16, с. 91] расширяет представление о фактах, что одним из механизмов, стимулирующих усиленный эритропоэз, является рабочий гемолиз, происходящий во время напряженных тренировок и соревнований (особенно в беге). Об этом можно судить по сниженной концентрации гаптоглобина — белка плазмы крови у тренирующихся бегунов [15, с. 92].

Следует отметить работу «Взаимосвязь уровня спортивной квалификации с параметрами гемограммы крови» [8, с. 100–105], в которой показана взаимосвязь между уровнем квалификации 17–18-летних спортсменов и параметрами гемограмм их крови, в частности уровней гемоглобина. Авторы данной статьи делают вывод о том, что существует корреляция между основными факторами гемограммы и спортивной квалификации, некоторые определённые виды спорта и объем

физической подготовки влияют на состав крови спортсмена, что согласуется с результатами других авторов [4, с. 87–95; 5, с. 207–224]. При этом результаты исследования свидетельствуют о взаимосвязи между спортивной квалификацией и показателями гемограммы.

В статье И. Л. Рыбиной [9, с. 47–50] обсуждаются результаты тренировок спортсменов-лыжников в условиях высокогорья. Рассматривается использование горной подготовки в спорте высших достижений, связь изменения показателей крови и повышение функциональных возможностей организма спортсмена, рост его спортивных результатов, связанных с подобной тренировкой. Адаптация организма высококвалифицированных лыжников-гонщиков к высокоинтенсивным физическим нагрузкам в горных условиях сопровождалась улучшением кислородтранспортных свойств крови и активацией процессов эритропоэза. Это явление более выражено у представителей мужского пола.

Для определения взаимосвязи мощности с показателями гемоглобина в крови полезным будет рассмотреть статью [10, с. 1–5], авторы которой в течение пяти лет исследовали взаимоотношение уровня гемоглобина и спортивных результатов спортсменов. Основные выводы статьи заключаются в том, что на протяжении этих пяти лет основные показатели гемоглобина спортсменов, практикующих спорт высоких достижений, не изменились. Строгого соответствия между рангом спортсмена и уровнем его гемоглобина найти не удалось, однако по некоторым точкам можно судить, что с повышением ранга связано повышение уровня гемоглобина.

Результаты и их обсуждение. Подводя итоги анализа научных статей по теме исследования, можно сделать некоторые обобщения.

Во-первых, отмечена зависимость между уровнем гемоглобина и фактором физической активности, а также зависимость уровня гемоглобина от спортивной квалификации спортсмена. Следовательно, человек с высоким (в пределах нормы) уровнем гемоглобина способен продемонстрировать более высокие результаты в своем виде спорта. Это

следует из прямой связи между потенциальными успехами и уровнем спортивной квалификации, которая, в свою очередь, обеспечивается приспособленностью организма спортсмена к определенному рода силовым нагрузкам в пределах оптимального возраста [11, с. 120–124].

Во-вторых, уровень максимального потребления кислорода зависит от стажа тренировок и вида спортивной деятельности.

В-третьих, насыщенность крови кислородом при выполнении однотипных по энергетической обеспеченности упражнений в разных видах спорта не различается.

Кроме того, в научной литературе описана зависимость между общим гемоглобином и максимальным потреблением кислорода (МПК или VO_{2max}) у спортсменов, а также известно, что люди, занимающиеся циклическими видами спорта, имеют повышенный уровень МПК. На основе этого можно констатировать, что повышение уровня последнего по-разному скажется на спортивных результатах людей, специализирующихся в разных видах спорта, поскольку имеет место зависимость МПК от вида спорта и независимость насыщенности крови кислородом от длительности нагрузки в разных видах спорта. Насыщенность крови кислородом определяется не типом упражнений, а их энергозатратностью по отношению к спортсмену, в то время как МПК зависит от вида физической активности. В результате при одном и том же уровне физической нагрузки в разных видах спорта

спортсмены будут показывать разные результаты из-за зависимости МПК от рода физической активности.

В-четвертых, из-за увеличения объема плазмы крови снижается уровень гемоглобина, однако при этом увеличивается пластичность эритроцитов, которая связана со способностью организма воспринимать новые поступления кислорода. В случае уменьшения объема плазмы происходит рост объема эритроцитов, а также уровня гемоглобина. Это связано с предположением о том, что рост гематокрита приводит к уменьшению транспорта кислорода.

Заключение. Поскольку увеличение вязкости крови происходит непосредственно во время тренировок, у спортсмена повышается уровень гемоглобина вследствие увеличения объема эритроцитов, однако при этом уменьшается их пластичность, следовательно, способность тканей усвоить кислород.

Ввиду увеличенного объема плазмы крови у спортсменов высокого ранга им доступны более существенные изменения в плане повышения уровня гемоглобина при нагрузке, однако при этом теряется способность тканей воспринимать кислород. Рост максимального потребления кислорода у более подготовленных спортсменов отчасти также можно характеризовать увеличенным максимальным уровнем гематокрита во время интенсивной нагрузки.

Таким образом, уровень гемоглобина в крови спортсмена можно контролировать с помощью интенсивности нагрузки.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Зеленкова И. Е., Зоткин С. В., Грушин А. А. Практическое применение оценки динамики параметров общей гемоглобиновой массы и объема циркулирующей крови методом возвратного дыхания монооксидом углерода в контексте тренировочного процесса // Спортивная медицина: наука и практика. 2014. № 4. С. 17–21.
2. Дроздов Д. Н., Кравцов А. В. Динамика срочной адаптации к действию регулярной физической нагрузки у молодых мужчин // Веснік МДПУ імя І. П. Шамякіна. 2017. № 2. С. 22–26.
3. Effect Of Endurance Sports On Selected Haematological Parameters. Saurin Sanghavi. International Journal of Basic and Applied Physiology. 2012. № 1. С. 26–29.
4. Митрофанов А. А., Литвиненко С. Н. Исследование показателей оксигенации крови при выполнении идентичной интервальной нагрузки в плавании и беге // Таврический научный обозреватель. 2017. № 10. С. 87–95.

5. Кардиориспираторные реакции на гипоксию и гиперкапнию у пловцов / В. Э. Диверт [и др.] // Вестник Новосибирского государственного педагогического университета. 2017. Т. 7. № 5. С. 207–224.
6. Рылова Н. В., Биктимирова А. А., Назаренко В. С. Уровень максимального потребления кислорода как показатель работоспособности спортсменов, специализирующихся в различных видах спорта // Практическая медицина. 2014. № 9. С. 147–150.
7. Novack Victor. The prevalence of low hemoglobin values among new infantry recruits and nonlinear relationship between hemoglobin concentration and physical fitness // American Journal of Hematology. 2007. № 82. P. 128–133.
8. Медведкова Н. И., Нохрин М. Ю., Медведков В. Д. Взаимосвязь уровня спортивной квалификации с параметрами гемограммы крови // Ученые записки университета имени П. Ф. Лесгафта. 2013. № 4. С. 100–105.
9. Рыбина И. Л. Биохимическая адаптация организма лыжников-гонщиков к высокоинтенсивным физическим нагрузкам в равнинных и горных условиях // Медико-биологические проблемы спорта. Минск, 2011. С. 47–50.
10. Hemoglobin level in Elite speed skaters from 2000 up to 2005, and its relationship with competitive results. H. Kuipers. Sports Med. 2006. № 27. P. 1–5.
11. Шихвердиев С. Н. Факторы спортивной адаптивности спортсменов, находящихся на этапе завершения карьеры в спорте // Ученые записки университета им. П. Ф. Лесгафта. 2010. № 1. С. 120–124.
12. Кулиненко О. С. Фармакологическая помощь спортсмену: коррекция факторов, лимитирующих спортивный результат. М., 2007. 145 с.
13. Янсен Петер. ЧСС, лактат и тренировки на выносливость. Мурманск, 2006. 160 с.
14. Уилмор Дж. Х., Костилл Д. Л. Физиология спорта. Киев, 2001. 503 с.
15. Тристан В. Г., Погадаева О. В. Физиология спорта: учебное пособие. Омск, 2003. 92 с.
16. Коц Я. М. Спортивная физиология: учебник для институтов физической культуры. М., 1986. 91 с.

REFERENCES

1. Zelenkova I. E., Zotkin S. V., Grushin A. A. 2014. Prakticheskoe primeneniye otsenki dinamiki parametrov obshchei gemoglobinoi massy i obema tsirkuliruyushchei krovi metodom vozvratnogo dykhaniya monooksidom ugleroda v kontekste trenirovochnogo protsessa. Sportivnaya meditsina: nauka i praktika, 4, s. 17–21 (in Russian).
2. Drozdov D. N., Kravtsov A. V. Dinamika srochnoi adaptatsii k deistviyu regulyarnoi fizicheskoi nagruzki u molodykh muzhchin. 2017. Vesnik MDPU imya I. P. Shamyakina, 2, s. 22–26 (in Russian).
3. Effect Of Endurance Sports On Selected Haematological Parameters. Saurin Sanghavi. 2012. International Journal of Basic and Applied Physiology, 1, pp. 26–29 (in English).
4. Mitrofanov A. A., Litvinenko S. N. Issledovanie pokazatelei oksigenatsii krovi pri vypolnenii identichnoi interval'noi nagruzki v plavanii i bege. 2017. Tavricheskii nauchnyi obozrevatel', 10. S. 87–95 (in Russian).
5. Divert V. E. Kardiorispiratornye reaktсии na gipoksiyu i giperkapniyu u plovtsov. 2017.. Vestnik Novosibirskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta, Tom 7, 5. S. 207–224 (in Russian).
6. Rylova N. V., Biktimirova A. A., Nazarenko V. S. Uroven' maksimal'nogo potrebleniya kisloroda kak pokazatel' rabotosposobnosti sportsmenov, spetsializiruyushchikhsya v razlichnykh vidakh sporta. 2014. Prakticheskaya miditsina, 9. S. 147–150 (in Russian).

7. Novack Victor. The prevalence of low hemoglobin values among new infantry recruits and nonlinear relationship between hemoglobin concentration and physical fitness 2007. *American Journal of Hematology*, 82, pp. 128–133 (in English).

8. Medvedkova N. I., Nokhrin M. Yu., Medvedkov V. D. Vzaimosvyaz' urovnya sportivnoi kvalifikatsii s parametrami gemogrammy krovi. 2013. *Uchenye zapiski universiteta imeni P. F. Lesgafta*, 4. S. 100–105 (in Russian).

9. Rybina I. L. Biokhimicheskaya adaptatsiya organizma lyzhnikov-gonshchikov k vysokointensivnym fizicheskim nagruzkam v ravninnykh i gornyykh usloviyakh. 2011.. *Mediko-biologicheskie problemy sporta*. S. 47–50 (in Russian).

10. Kuipers H. Hemoglobin level in Elite speed skaters from 2000 up to 2005, and its relationship with competitive results. 2006. *Sports Med*, 27, pp. 1–5 (in English).

11. Shikhverdiev S. N. Faktory sportivnoi adaptivnosti sportsmenov, nakhodyashchikhsya na etape zaversheniya kar'ery v sporte 2010. *Uchenye zapiski*, 1. S. 120–124 (in Russian).

12. Kulinenkov. O. S. Farmakologicheskaya pomoshch' sportsmenu: korrektsiya faktorov, limitiruyushchikh sportivnyi rezul'tat. M., 2007. 145 s. (in Russian).

13. Yansen Peter. Heart rate, laktat i trenirovki na vynoslivost'. Murmansk, 2006. 160 s. (in Russian).

14. Uilmor Dzh. Kh., Kostill D. L. Fiziologiya sporta. Kiev, 2001. 503 s. (in Russian).

15. Tristan V. G., Pogadaeva O. V. Fiziologiya sporta: Uchebnoe posobie. Omsk, 2003. 92 s. (in Russian).

16. Kots Ya. M. Sportivnaya fiziologiya: Uchebnik dlya institutov fizicheskoi kul'tury. M., 1986. 91 s. (in Russian).