

Анализ гемоглобиновой массы для оценки эффективности гипоксической тренировки

Ильдус Ахметов

АННОТАЦИЯ

Цель. Представить данные о влиянии гипоксической тренировки на гемоглобиновую массу, а также описать технологии его определения.

Методы. Анализ специальной научной литературы.

Результаты. Гемоглобиновая масса — это генетически детерминированный признак, рост которого (на 4–8 %) наблюдается после проведения гипоксической тренировки на высоте 2100–2500 м и более над уровнем моря. Рост гемоглобиновой массы положительно коррелирует с повышением аэробных возможностей спортсмена.

Заключение. Таким образом, анализ гемоглобиновой массы в отличие от классических гематологических показателей может применяться для оценки эффективности гипоксической тренировки.

Ключевые слова: гемоглобин, гемоглобиновая масса, физическая работоспособность, гипоксия, угарный газ.

ABSTRACT

Objective. Presentation of data about hypoxic training influence on hemoglobin mass and description of the technology of its determination.

Methods. Analysis of special scientific literature.

Results. Hemoglobin mass is a genetically determined trait which tends to increase (by 4–8 %) after hypoxic training at an altitude of 2100–2500 m above sea level. Hemoglobin mass increase positively correlates with improvement of athlete's aerobic capacity.

Conclusion. Therefore, unlike classical hematological indices, the analysis of hemoglobin mass may be used for evaluation of hypoxic training efficiency.

Key words: hemoglobin, hemoglobin mass, physical work capacity, hypoxia, carbon monoxide.

Условия гипоксии активно применяются представителями многих видов спорта для повышения работоспособности и выхода на пик спортивной формы перед основными соревнованиями [1]. Для этого с разной долей успеха используют: а) естественные условия гор (например, среднегорье: 1300–2500 м над уровнем моря); б) искусственные спортивные базы в горах; в) специальное оборудование, применяемое в городских условиях (барокамеры, климатические камеры, гипоксикаторы).

В настоящее время не вызывает сомнения положительное влияние высотной гипоксии на функциональные возможности атлетов и на повышение результативности соревновательной деятельности спортсменов высокой квалификации [2]. Правильно проведенная гипоксическая тренировка способствует повышению у спортсменов аэробной и анаэробной производительности и в конечном итоге — спортивной результативности.

Условия гипоксии стимулируют выделение почками эритропоэтина, увеличивающего образование эритроцитов и, как следствие, гемоглобина. Вначале объем плазмы уменьшается, что также способствует повышению концентрации гемоглобина, но затем постепенно возвращается к обычному уровню. В крови резко возрастает содержание эритроцитов и гемоглобина, количество которого поддерживает кислородную емкость организма. Все это обуславливает хорошо известный факт интенсивного развития физической работоспособности у спортсменов под влиянием тренировки в условиях дефицита кислорода во вдыхаемом воздухе, какими бы средствами он не создавался (среднегорье, барокамера, газовые смеси и др.). Однако эффективность гипоксической тренировки в значительной степени зависит от индивидуальных особенностей человека, параметров самой гипоксии (остроты, степени и длительности) и от соотношения параметров гипоксии и физических нагрузок, выполняемых в этих условиях [3].

Поскольку уровень гемоглобина ($\text{г} \cdot \text{л}^{-1}$) не всегда объективно отражает степень

воздействия гипоксической тренировки на физическую работоспособность спортсмена (уровень гемоглобина может не меняться) и чаще всего не коррелирует с аэробными возможностями человека, с недавнего времени начали использовать дополнительный показатель крови — общую (г) или относительную ($\text{г} \cdot \text{кг}^{-1}$) гемоглобиновую массу, которая может вырасти за один цикл гипоксической тренировки на 48 %. Оптимизированный метод определения гемоглобиновой массы путем ингаляции фиксированной порции угарного газа (CO) может быть с успехом применен в рутинной практике спортивного врача, как для мониторинга эффективности гипоксической тренировки, так и для косвенного определения фактов применения гемотрансфузии у спортсменов [4].

Цель настоящего обзора — представить данные о влиянии гипоксической тренировки на гемоглобиновую массу, а также описать технологии определения гемоглобиновой массы.

ПОКАЗАТЕЛИ ГЕМОГЛОБИНОВОЙ МАССЫ У ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ РАЗНЫХ ВИДОВ СПОРТА

Многочисленными исследованиями было установлено, что гемоглобиновая масса зависит от таких факторов, как высота проживания над уровнем моря, вид спорта, которым занимается индивид, а также возраст. Так, в работе Voning и соавт. [5] были представлены результаты сравнения физиологических и гематологических показателей в группах бегунов на длинные дистанции, проживающих в среднегорье (Богота, Колумбия, высота 2600 м над уровнем моря), а также нетренированных лиц, резидентов Боготы и Берлина. Относительная гемоглобиновая масса (выраженная в граммах на 1 кг веса) была значительно выше в группах жителей Боготы (легкоатлеты-стайеры — $14,7 \pm 0,5 \text{ г} \cdot \text{кг}^{-1}$, $p < 0,001$; нетренированные — $13,2 \pm 0,4 \text{ г} \cdot \text{кг}^{-1}$, $p < 0,01$) по сравнению с жителями Берлина, проживающими на уровне моря ($11,7 \pm 0,2 \text{ г} \cdot \text{кг}^{-1}$). Кроме того, во всех группах гемоглобиновая масса положительно коррелировала с уровнем

максимального потребления кислорода (МПК).

В свою очередь, Steiner и Wehrlin [6] изучали различия в гемоглобиновой массе среди спортсменов-стайеров (триатлонисты и лыжники, мужчины) трех возрастных групп (до 16 лет, 17–21 год, 28 лет) и, соответственно, разной спортивной квалификации. Их сравнивали с контрольными группами (физически активные подростки, юноши и мужчины того же возраста). Относительная гемоглобиновая масса была выше у спортсменов в двух старших возрастных группах по сравнению с контрольной, а также значительно выше (на 15 %) у более квалифицированных (и старших по возрасту) спортсменов, чем у юных. Та же закономерность была обнаружена и для таких показателей, как объемы крови, эритроцитов, плазмы крови и максимальное потребление кислорода. Поскольку различия в гемоглобиновой массе между спортсменами-юниорами (до 21 года) и элитными стайерами статистически не отличались, авторы предположили, что ее рост лимитирован, в основном наблюдается в юном возрасте, а значит, генетически детерминирован. Это предположение подтверждается результатами крупного исследования с участием 775 близнецов, где было установлено, что уровень гемоглобина на 37 % зависит от генетических факторов [7].

В одной из работ немецкие ученые [8] сравнили относительную гемоглобиновую массу спортсменов-юниоров, занимающихся циклическими видами спорта с преимущественным проявлением выносливости (29 лиц: гребцы, пловцы и бегуны на длинные дистанции), и спортсменов, специализирующихся в ациклических видах спорта (30 атлетов: баскетболисты, теннисисты, тяжелоатлеты). Как и ожидалось, у спортсменов циклических видов спорта гемоглобиновая масса была значительно выше по сравнению с теми, кто занимался ациклическими видами спорта ($11,2 \pm 1,6 \text{ г} \cdot \text{кг}^{-1}$ против $9,7 \pm 1,3 \text{ г} \cdot \text{кг}^{-1}$; $p < 0,001$).

Аналогичное сравнение по гематологическим показателям между немецкими атлетами – представителями разных видов спорта – было проведено в более ранней работе Heinicke и соавт. [9]. Бегуны на средние и длинные дистанции превосходили по гемоглобиновой массе нетренированных лиц, физкультурников, горнолыжников, пловцов, триатлонистов, велосипедистов-шоссейников (юниоров), но уступали про-

фессиональным велосипедистам. Кроме того, гемоглобиновая масса положительно коррелировала с МПК у всех стайеров.

Изучение гематологических и физиологических показателей у 34 высококвалифицированных спортсменов, занимающихся хоккеем на траве, показало, что гемоглобиновая масса (мужчины – $12,5 \pm 0,9 \text{ г} \cdot \text{кг}^{-1}$; женщины – $10,6 \pm 1,1 \text{ г} \cdot \text{кг}^{-1}$) положительно коррелирует с уровнем МПК (мужчины – $55,8 \pm 4,0 \text{ г} \cdot \text{кг}^{-1}$; женщины – $46,6 \pm 2,9 \text{ г} \cdot \text{кг}^{-1}$) как у мужчин ($r = 0,57$; $p < 0,05$), так и у женщин ($r = 0,56$; $p < 0,05$) [10]. При этом концентрация гемоглобина не была взаимосвязана с уровнем МПК. Такое определение гемоглобиновой массы может быть использовано в качестве маркера аэробных возможностей у спортсменов, занимающихся как видами спорта на выносливость, так и игровыми видами спорта.

ИЗМЕНЕНИЕ ГЕМОГЛОБИНОВОЙ МАССЫ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ФИЗИЧЕСКИХ НАГРУЗОК В УСЛОВИЯХ ГИПОКСИИ

Известно, что тренировка в условиях среднегорья стимулирует эритропоэз, что приводит к повышению синтеза гемоглобина и увеличению аэробных возможностей. Heinicke и соавт. [11], исследуя влияние среднегорья (2050 м над уровнем моря) на показатели крови 10 элитных биатлонистов, выявили, что тренировка в естественных гипоксических условиях в течение трех недель значительно повышает гемоглобиновую массу ($с 14,0$ до $15,3 \text{ г} \cdot \text{кг}^{-1}$ (прирост 9,3 %)) и объем эритроцитов у спортсменов, однако после спуска на более низкую высоту (800 м) данные показатели возвращаются к исходным значениям.

Наблюдение подтвердилось в исследовании Wehrlin и соавт. [13], в котором приняли участие две группы испытуемых из Швейцарии. Экспериментальная группа (ЭГ) состояла из 10 высококвалифицированных спортсменов (пять мужчин и пять женщин), занимающихся спортивным ориентированием, проживала на высоте 2500 м над уровнем моря (18 часов в день), тренировалась на высоте 1800 (низкая и средняя интенсивность нагрузок) и 1000 м (высокоинтенсивные нагрузки) в течение 24 дней. Контрольная группа (КГ), состоящая из семи высококвалифицированных лыжников (трое мужчин и четыре женщины), проживала и тренировалась на высоте 500–1600 м над

уровнем моря. У всех испытуемых изучали объем эритроцитов и гемоглобиновую массу до и после тренировочного цикла. Значимое повышение гемоглобиновой массы было отмечено только в ЭГ ($с 805 \pm 209$ до $848 \pm 225 \text{ г}$; $p < 0,01$; увеличение на 5,3 %), проживавшей и тренировавшейся на больших высотах, чем КГ. Объем эритроцитов также изменялся только в ЭГ ($с 2353 \pm 611$ до $2470 \pm 653 \text{ мл}$; $p < 0,01$; увеличение на 5,0 %). Кроме того, в ЭГ значительно повысились следующие показатели: эритропоэтин сыворотки, ретикулоциты, трансферрин, гематокрит. Эти изменения сопровождалось значимым увеличением максимального потребления кислорода и улучшением времени преодоления дистанции 5000 м.

Pottgiesser и соавт. [12] опубликовали результаты исследования влияния гипоксической тренировки и проживания в условиях среднегорья (1816 м) в течение трех недель на гемоглобиновую массу у семи элитных немецких велосипедистов-шоссейников (категория U23). Изменения были незначительными ($с 927 \pm 109$ до $951 \pm 113 \text{ г}$). Это же касалось и других показателей крови (концентрация гемоглобина, гематокрит, объем эритроцитов, крови, плазмы крови). Авторы предположили, что для изменения показателей крови у спортсменов необходимы пребывание и тренировки на высоте более 2100–2500 м над уровнем моря, что ранее уже было показано [11, 14].

Установлено, что прирост гемоглобиновой массы индивидуален; он возможен как у юных атлетов, так и у спортсменов высокого класса. В исследовании Wehrlin и Marti [14] было показано, что гемоглобиновая масса возросла на 7,6 и 3,9 % у двух элитных бегунов на длинные дистанции (5000 м и марафонский бег соответственно) при тренировке на высоте 1800 м и проживании в это время на высоте 2456 м над уровнем моря в течение 26 дней. После завершения такой тренировки спортсменам удалось улучшить свои соревновательные результаты (через 27–29 дней).

В двойном слепом плацебоконтролируемом исследовании Siebenmann и соавт. [15] изучали в течение восьми недель влияние нормобарической гипоксии по принципу «живи высоко (3000 м) – тренируйся низко (< 1200 м)» на гемоглобиновую массу 16 велосипедистов-шоссейников. Экспериментальная группа ($n = 10$) 16 часов в день пребывала в искусственных условиях гипоксии

(3000 м), в то время как контрольная группа (n = 6) жила в нормальных условиях. Значимых различий в приросте МПК между группами обнаружено не было, как и прибавки гемоглобиновой массы. Эта публикация вызвала горячие споры среди физиологов. В частности, высказывалось мнение, что на результаты могли повлиять неправильно подобранные параметры тренировки, а также погрешности в измерении гемоглобиновой массы [16, 17]. Тем не менее авторы связали свои результаты с тем, что у многих спортсменов исходная гемоглобиновая масса была высокая и, возможно, достигла своих максимальных значений, ограниченных генетическим потенциалом. Это на самом деле так, поскольку Robach и Lundby (2012) [18], проанализировав расхождения в результатах нескольких работ по изучению влияния гипоксической тренировки на гемоглобиновую массу, пришли к выводу, что чем больше была исходная гемоглобиновая масса у спортсменов, тем меньше она увеличивалась в результате гипоксической тренировки.

Интересные результаты по влиянию длительного пребывания (на протяжении всей жизни) в условиях среднегорья на гемоглобиновую массу велосипедистов-шоссейников и лиц, не занимающихся спортом, были продемонстрированы в работе Schmidt и соавт. [19]. В исследовании приняли участие 48 человек: 12 лиц контрольной группы (немцы), проживающих на уровне моря (K-0 м), 12 немецких велосипедистов-шоссейников, также проживающих на уровне моря (C-0 м), 12 лиц контрольной группы (колумбийцы), проживающих на высоте 2600 м над уровнем моря (K-2600 м), и 12 колумбийских велосипедистов-шоссейников, проживающих на высоте 2600 м над уровнем моря (C-2600 м). Исследование показало, что длительное пребывание на высоте 2600 м значительно повышает гемоглобиновую массу как у спортсменов, так и у лиц, не занимающихся спортом.

В исследовании на протяжении двухлетнего периода с участием 45 элитных немецких пловцов Wachsmuth и соавт. [20] показали, что у пловцов рост гемоглобиновой массы возможен только в естественных гипоксических условиях (среднегорье, 2320 м) на протяжении трех-четырёх недель тренировок. При этом было установлено, что пол не играет роли в выраженности таких изменений. Кроме того, было обнаружено, что со-

ревновательные результаты незначительно (-0,4%) снижаются сразу же после тренировки в условиях среднегорья, но повышаются (+0,8%) на третьей-пятой неделе после этого периода; при этом в течение всего сезона гемоглобиновая масса положительно коррелирует с соревновательными результатами. Также было установлено, что тренировка больше повышает гемоглобиновую массу на высоте 2320 м над уровнем моря (мужчины: с $1077,4 \pm 134$ до $1149,9 \pm 141,8$ г, $p < 0,0005$; женщины: с $700,8 \pm 84,6$ до $762 \pm 86,4$ г, $p = 0,0005$), чем на высоте 1360 м (мужчины: с $1055 \pm 107,1$ до $1186,6 \pm 116,3$ г, $p = 0,03$; женщины: с $691 \pm 68,5$ до $707,2 \pm 77$ г, $p = 0,012$), что согласуется с предыдущими работами.

Garvican и соавт. [21] установили, что коэффициент вариации гемоглобиновой массы составляет от 2 до 4,4% на протяжении одного тренировочного сезона (10 месяцев) у 10 велосипедистов-шоссейников (женщины). Следует отметить, что ранее Eastwood и соавт. [22] было показано, что гемоглобиновая масса – это достаточно устойчивый показатель при отсутствии тренировочного процесса (на уровне моря). Чтобы доказать это, они измеряли у шести физически активных мужчин гемоглобиновую массу на протяжении 114 дней (один раз в один-шесть дней). Это свидетельствует о том, что измерение гемоглобиновой массы целесообразно для оценки тренировочного эффекта в спортивной практике.

В другой работе [23] сравнивали группу подростков (11–15 лет), которые тренировались в течение одного года на велосипеде, с контрольной группой. До начала эксперимента была обнаружена положительная корреляция между относительной гемоглобиновой массой и относительным МПК ($r = 0,82$, $p < 0,0001$). Гемоглобиновая масса значительно увеличилась в экспериментальной группе только в абсолютных значениях. Авторами был сделан вывод, что ее анализ можно использовать как предиктор развития МПК среди подростков.

ТЕХНОЛОГИИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГЕМОГЛОБИНОВОЙ МАССЫ

Оптимизированный метод определения гемоглобиновой массы путем ингаляции фиксированной порции угарного газа (CO) имеет погрешность в 1,1–2,2% и может быть с успехом применен в рутинной практике, как для мониторинга эффективности гипоксиче-

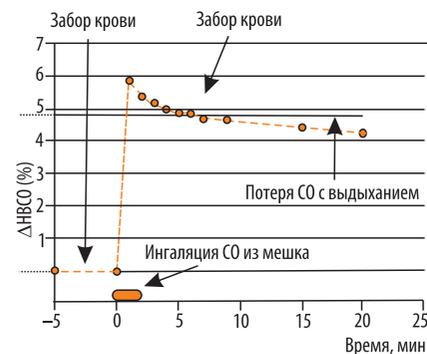


РИСУНОК 1 – Схема определения гемоглобиновой массы (по Schmidt W.)

ской тренировки, так и для косвенного определения фактов применения гемотрансфузии у спортсменов.

Описание методики определения гемоглобиновой массы. Необходимое оборудование: спирометр, гемоксиметр (например, OSM-3-радиометр), CO-тестер. Общая схема определения гемоглобиновой массы представлена на рисунке 1. После того как испытуемый пробудет в течение 20 мин в положении полулежа, из локтевой вены через катетер забирают 2,0 мл крови для немедленного определения карбоксигемоглобина (% HbCO). Следует отметить, что в работе Hutler и соавт. [24] было показано, что вместо венозной крови можно брать и капиллярную. Тем не менее венозная кровь многими специалистами считается наиболее предпочтительным биоматериалом. Затем испытуемый должен в течение 4 мин вдохнуть 100% O₂ для полной очистки дыхательных путей от азота перед ингаляцией фиксированной порции CO (рис. 2). После этого в систему подают 99 мл CO (99,99% чистоты), которым испытуемый дышит в течение 10 мин. Сразу после окончания 10-й минуты, перед отсоединением системы от дыхательных путей испытуемого, повторно берут кровь на анализ. Средний процент



РИСУНОК 2 – Ингаляция фиксированной порции угарного газа из CO-мешка

HbCO среди испытуемых составляет 1,6 % до ингаляции CO и достигает 8,2 % после завершения процедуры. При этом HbCO и Hb анализируют три раза на автоматизированных системах (например, радиометр ABL700; Копенгаген, Дания).

Приводим формулу определения гемоглиновой массы на основании полученных данных [25]:

$$\text{Гемоглиновая масса (г)} = K_{\text{баро}} \times \dot{V}_{\text{CO}} (\text{мл}) \times 100 \times 1,39 (\text{мл} \cdot \text{г}^{-1}) \times \text{A\%HbCO}^{-1},$$

где $K_{\text{баро}}$ – барометрическое давление окружающей среды (mmHg) $\times 760^{-1}$ (mmHg) $\times [1 + (0,003661 \times \text{температура окружающей среды, } ^\circ\text{K})]$; \dot{V}_{CO} – объем угарного газа (мл), связанного с гемоглином на седьмой минуте; A\%HbCO^{-1} – разница между исходным % HbCO и максимальным % HbCO; $1,39 (\text{мл} \cdot \text{г}^{-1})$ – число Хюфнера ($1,39 \text{ мл CO}$ связывается с 1 г гемоглибина).

Программное обеспечение SpiCo позволяет проводить данные расчеты автоматически.

Особенности теста:

- 1) методика занимает в целом 15 мин;
- 2) она очень специфична и надежна (техническая погрешность < 2,0 %);
- 3) точность теста не зависит от диффузии CO от гемоглибина до миоглибина;

4) на точность теста не влияет использование других видов O8M3-анализаторов;

5) кровь можно хранить при температуре $-70 \text{ }^\circ\text{C}$ в течение шести месяцев с сохранением точности последующего измерения.

Влияние угарного газа на организм человека:

1) дозировка CO во время теста – 50–100 мл. Максимальный эффект в плане образования HbCO = 5 %;

2) физиологическое образование CO – до 30 мл в день;

3) эффект от вдыхания CO на организм в зависимости от дозировки:

- HbCO < 5 % – нет эффекта; HbCO > 5 % – в редких случаях возникает головная боль;
- HbCO > 10 % – головная боль, головокружение, слабость;
- HbCO > 20 % – снижение когнитивных способностей;
- HbCO > 30 % – потеря сознания; HbCO > 40 % – коллапс, падение артериального давления;
- HbCO > 60 % – мышечные судороги, кома, угнетение дыхания, смерть.

Влияние угарного газа на физическую работоспособность:

1) вдыхание CO в тесте временно снижает МПК на 3–4 %;

2) период полувыведения HbCO – около 2 ч;

3) уровень HbCO достигает исходных значений через 8–10 ч после теста;

4) через день после теста спортсмены, как правило, показывают хорошие соревновательные результаты, что связано с физиологическими эффектами CO в малых концентрациях;

5) тест можно применить за 12 ч до соревнования и в любое время после его завершения.

Заключение. Исходя из сказанного, можно сделать следующие краткие выводы. Гемоглиновая масса – это генетически детерминированный признак, устойчивый при отсутствии тренировочного процесса. Ее рост лимитирован и в основном наблюдается в юном возрасте. Она повышается в основном после пребывания (тренировки и проживания) на высоте 2100–2500 м и более над уровнем моря (в условиях низкогогорья изменения незначительны). Может увеличиваться значительно лишь у тех спортсменов, у которых ее исходные значения невысокие. Рост гемоглиновой массы положительно коррелирует с повышением аэробных возможностей человека, а значит, этот признак (в отличие от классических гематологических показателей) может применяться для оценки эффективности гипоксической тренировки.

References

1. Wilber RL (2007). Application of altitude/hypoxic training by elite athletes. *Med Sci Sports Exerc* 39(9):1610–1624.
2. Saunders PU, Pyne DB, Gore CJ (2009). Endurance training at altitude. *High Alt Med Biol* 10(2):135–148.
3. Vogt M, Hoppeler H (2010). Is hypoxia training good for muscles and exercise performance? *Prog Cardiovasc Dis* 52(6):525–533.
4. Pottgiesser T, Ehteler T, Sottas PE, Umhau M, Schumacher YO (2012). Hemoglobin mass and biological passport for the detection of autologous blood doping. *Med Sci Sports Exerc* 44(5):835–843.
5. Boning D, Rojas J, Serrato M, Ulloa C, Coy L, Mora M et al. (2001). Hemoglobin mass and peak oxygen uptake in untrained and trained residents of moderate altitude. *Int J Sports Med* 22(8):572–578.
6. Steiner T, Wehrlin JP (2011). Does hemoglobin mass increase from age 16 to 21 and 28 in elite endurance athletes? *Med Sci Sports Exerc* ;43(9):1735–1743.
7. Garner C, Tatu T, Reittie JE, Littlewood T, Darley J, Cervino S et al. (2000). Genetic influences on F cells and other hematologic variables: a twin heritability study. *Blood* 95(1):342–346.
8. Ulrich G, Bartsch P, Friedmann-Bette B (2011). Total haemoglobin mass and red blood cell profile in endurance-trained and non-endurance-trained adolescent athletes. *Eur J Appl Physiol* 111(11):2855–2864.
9. Heinicke K, Wolfarth B, Winchenbach P, Biermann B, Schmid A, Huber G et al. (2001). Blood volume and hemoglobin mass in elite athletes of different disciplines. *Int J Sports Med* 22(7):504–512.
10. Hinrichs T, Franke J, Voss S, Bloch W, Schänzer W, Platen P (2010). Total hemoglobin mass, iron status, and endurance capacity in elite field hockey players. *J Strength Cond Res* 24(3):629–638.
11. Heinicke K, Heinicke I, Schmidt W, Wolfarth B (2005). A three-week traditional altitude training increases hemoglobin mass and red cell volume in elite biathlon athletes. *Int J Sports Med* 26(5):350–355.
12. Pottgiesser T, Ahlgrim C, Ruthardt S, Dickhuth HH, Schumacher YO (2009). Hemoglobin mass after 21 days of conventional altitude training at 1816 m. *J Sci Med Sport* 12(6):673–675.
13. Wehrlin JP, Zuest P, Hallen J, Marti B (2006). Live high/train low for 24 days increases hemoglobin mass and red cell volume in elite endurance athletes. *J Appl Physiol* 100(6):1938–1945.
14. Wehrlin JP, Marti B (2006). Live high–train low associated with increased haemoglobin mass as preparation for the 2003 World Championships in two native European world class runners. *Br J Sports Med* 40(2):e3.
15. Siebenmann C, Robach P, Jacobs RA, Rasmussen P, Nordsborg N, Diaz V et al. (2012). «Live high–train low» using normobaric hypoxia: a double-blinded, placebo-controlled study. *J Appl Physiol* 112(1):106–117.

16. Schmitt L, Millet GP (2012). Ineffective normobaric LHTL: room confinement or inappropriate training intensity? *J Appl Physiol* 112(3):527.
17. Garvican LA, Saunders PU, Pyne DB, Martin DT, Robertson EY, Gore CJ (2012). Hemoglobin mass response to simulated hypoxia «blinded» by noisy measurement? *J Appl Physiol* 112(10):1797–1798.
18. Robach P, Lundby C (2012). Is live high-train low altitude training relevant for elite athletes with already high total hemoglobin mass? *Scand J Med Sci Sports* 22(3):303–305.
19. Schmidt W, Heinicke K, Rojas J, Manuel Gomez J, Serrato M, Mora M et al. (2002). Blood volume and hemoglobin mass in endurance athletes from moderate altitude. *Med Sci Sports Exerc* 34(12):1934–1940.
20. Wachsmuth NB, Völzke C, Prommer N, Schmidt-Trucksäss A, Frese F, Spahl O et al. (2013). The effects of classic altitude training on hemoglobin mass in swimmers. *Eur J Appl Physiol* 113(5):1199–1211.
21. Garvican LA, Martin DT, McDonald W, Gore CJ (2010). Seasonal variation of haemoglobin mass in internationally competitive female road cyclists. *Eur J Appl Physiol* 109(2):221–231.
22. Eastwood A, Hopkins WG, Bourdon PC, Withers RT, Gore CJ (2008). Stability of hemoglobin mass over 100 days in active men. *J Appl Physiol* 104(4):982–985.
23. Eastwood A, Bourdon PC, Withers RT, Gore CJ (2009). Longitudinal changes in haemoglobin mass and $\dot{V}O_{2max}$ in adolescents. *Eur J Appl Physiol* 105(5):715–721.
24. Hütler M, Beneke R, Boning D (2000). Determination of circulating hemoglobin mass and related quantities by using capillary blood. *Med Sci Sports Exerc* 32(5):1024–1027.
25. Schmidt W, Prommer N (2005). The optimised CO-rebreathing method: a new tool to determine total haemoglobin mass routinely. *Eur J Appl Physiol* 95(5–6):486–495.

ФГБОУ ВПО «Поволжская государственная академия физической культуры, спорта и туризма», Казань, Россия
genoterra@mail.ru

Поступила 03.07.2014