

**Методические рекомендации по использованию технологии оценки
гемоглобиновой массы у легкоатлетов с целью мониторинга
эффективности гипоксической тренировки**

Москва 2012

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Введение.....	3
1. Значение определения гемоглобиновой массы у легкоатлетов.....	5
2. Методические приемы и возможности использования гипоксической тренировки в легкой атлетике.....	10
2.1. Работоспособность и спортивные результаты в горных условиях.....	10
2.2. Кратковременные виды тренировки в среднегорье.....	12
2.3. Сроки проведения акклиматизации в среднегорье.....	22
2.4. Динамика спортивной работоспособности у легкоатлетов в период реакклиматизации.....	25
3. Эффективные методы контроля функционального состояния организма у легкоатлетов при использовании тренировки в условиях нехватки кислорода	27
4. Технология измерения гемоглобиновой массы в организме спортсменов.....	30
5. Методические рекомендации по использованию технологии оценки гемоглобиновой массы в тренировочном процессе у легкоатлетов.....	33
Заключение.....	35

Введение

Интенсивная мышечная деятельность преимущественно анаэробного (алактатного) характера (легкоатлетический бег на короткие дистанции, прыжки, метания и др.) в условиях гипоксии выполняется достаточно успешно и приводит к заметным положительным сдвигам в организме спортсменов. В частности, под влиянием гипоксической тренировки усиливается экскреция стероидных гормонов, которые не только повышают специальную работоспособность спортсменов в скоростно-силовых упражнениях, но и стимулирует выработку эритропоэтина.

Гипоксическая тренировка также способствует повышению у легкоатлетов (бег на средние и длинные дистанции, спортивная ходьба) аэробной производительности и, в конечном итоге, спортивной результативности. Условия гипоксии стимулируют выделение почками эритропоэтина, увеличивающего образование эритроцитов и, как следствие, гемоглобина. Все это обуславливает хорошо известный факт интенсивного развития выносливости и скоростно-силовых качеств у спортсменов под влиянием тренировки в условиях дефицита кислорода во вдыхаемом воздухе, какими бы средствами этот дефицит не создавался (среднегорье, барокамера, газовые смеси и др.). Однако эффективность гипоксической тренировки в значительной степени зависит от параметров самой гипоксии и от соотношения параметров гипоксии и физических нагрузок, выполняемых в этих условиях.

Поскольку уровень гемоглобина не всегда объективно отражает степень воздействия гипоксической тренировки на физическую работоспособность спортсмена (уровень гемоглобина может не меняться), с недавнего времени начали использовать дополнительный показатель крови – гемоглобиновую массу, которая может вырасти за один цикл гипоксической тренировки на 4-8%. Оптимизированный метод определения гемоглобиновой массы путем ингаляции фиксированной порции угарного газа (СО) имеет

погрешность в 1.1% – 2.2% и может быть с успехом применен в рутинной практике, как для мониторинга эффективности гипоксической тренировки, так и для косвенного определения фактов применения гемотрансфузии у спортсменов. Вместе с тем, в России технологии по определению гемоглобиновой массы не разработаны в полной мере, также остаются неразработанными рекомендации по интерпретации полученных данных с целью мониторинга эффективности гипоксической тренировки у легкоатлетов.

В данных методических рекомендациях описаны возможности использования технологии оценки гемоглобиновой массы у легкоатлетов с целью мониторинга эффективности гипоксической тренировки.

1. Значение определения гемоглобиновой массы у легкоатлетов

Поскольку уровень гемоглобина не всегда объективно отражает степень воздействия гипоксической тренировки на физическую работоспособность спортсмена (уровень гемоглобина может не меняться), с недавнего времени начали использовать дополнительный показатель крови – гемоглобиновую массу, которая может вырасти за один цикл гипоксической тренировки на 4-8%.

Оптимизированный метод определения гемоглобиновой массы путем ингаляции фиксированной порции угарного газа (СО) имеет погрешность в 1.1% – 2.2% и может быть с успехом применен в рутинной практике, как для мониторинга эффективности гипоксической тренировки, так и для косвенного определения фактов применения гемотрансфузии у спортсменов. Вместе с тем, в России технологии по определению гемоглобиновой массы не разработаны в полной мере, также остаются неразработанными рекомендации по интерпретации полученных данных с целью мониторинга эффективности гипоксической тренировки у легкоатлетов.

Ниже подробно описаны некоторые работы, посвященные изучению влияния гипоксической тренировки (а также для сравнения – классической тренировки) и проживания в условиях гипоксии на гематологическую массу спортсменов, занимающихся легкой атлетикой.

В работе Vöning и соавт. (2001) 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. Гемоглобиновая масса была значимо выше в группах жителей Боготы (легкоатлеты: $14,7 \pm 0,5$ г/кг, $P < 0.001$; нетренированные: $13,2 \pm 0,4$ г/кг, $P < 0.01$) по сравнению с резидентами Берлина, проживающими на уровне моря ($11,7 \pm 0,2$ г/кг). Кроме того, во всех группах гемоглобиновая масса положительно коррелировала с уровнем МПК.

В недавней работе немецкие ученые (Ulrich et al. 2011) сравнили относительную гемоглобиновую массу между спортсменами, занимающимися циклическими видами спорта с преимущественным проявлением выносливости (29 юниоров: каноэисты, пловцы и бегуны на длинные дистанции) и спортсменами, занимающимися ациклическими видами спорта (30 юниоров: баскетболисты, теннисисты, тяжелоатлеты). Ожидаемо, у спортсменов циклических видов спорта гемоглобиновая масса была значимо выше по сравнению с ацикликами (11.2 ± 1.6 против 9.7 ± 1.3 г/кг; $P < 0.001$).

Аналогичное сравнение по гематологическим показателям между немецкими представителями разных видов спорта было проведено в работе Heinicke и соавт. (2001). Бегуны на средние и длинные дистанции превосходят по гемоглобиновой массе нетренированных лиц, физкультурников, горнолыжников, пловцов, триатлонистов, велосипедистов-шоссейников (юниоров), но уступают профессиональным велосипедистам. Кроме того, гемоглобиновая масса положительно коррелировала с МПК у всех стайеров.

В работе Steiner и Wehrlin (2011) изучались различия в гемоглобиновой массе среди спортсменов-стайеров (триатлонисты и лыжники; все мужчины) разного возраста (до 16 лет, до 21 года и в возрасте 28 лет), и соответственно, разной спортивной квалификации. Кроме того, спортсменов сравнивали с контрольными группами того же возраста (физически активные подростки, юноши и мужчины). Относительная гемоглобиновая масса (выраженная в граммах на 1 кг веса) выше у спортсменов в двух старших возрастных группах по сравнению с контрольной группой, а также значительно выше (на 15%) у более квалифицированных (и старших по возрасту) спортсменов, чем у юных спортсменов. Та же закономерность была обнаружена и для таких показателей, как объем крови, объем эритроцитов, объем плазмы крови, максимальное потребление кислорода.

Поскольку различия в гемоглобиновой массе между спортсменами-юниорами (до 21 года) и элитными стайерами не значимые, авторы предположили, что рост гемоглобиновой массы лимитирован, в основном наблюдается в юном возрасте, а значит, генетически детерминирован. Последнее утверждение требует проверки.

Хорошо известно, что тренировка в условиях среднегорья стимулирует эритропоэз, что приводит к повышению синтеза гемоглобина и увеличению аэробных возможностей. Heinicke и соавторы (2004), исследуя влияние среднегорья (2050 м над уровнем моря) на показатели крови 10 элитных биатлонистов, показали, что тренировка в естественных гипоксических условиях в течение 3 недель значительно повышает гемоглобиновую массу (с 14 г/кг до 15,3 г/кг (прибавка 9,3%)) и объем эритроцитов у спортсменов, однако после спуска на более низкий уровень (800 м) данные показатели возвращаются к исходным значениям.

В работе Wehrlin и соавт. (2006) приняли участие 2 группы испытуемых: 1) группа из 10 высококвалифицированных швейцарских спортсменов (5 мужчин и 5 женщин), занимающихся спортивным ориентированием жили на высоте 2500 м (18 часов в день), тренировались на высоте 1800 (низкая и средняя интенсивность нагрузок) и 1000 м (высокоинтенсивные нагрузки) над уровнем моря в течение 24 дней; 2) группа сравнения из 7 высококвалифицированных швейцарских лыжников (3 мужчин и 4 женщин) жили и тренировались на уровне 500-1600 м над уровнем моря. У всех испытуемых изучали объем эритроцитов и гемоглобиновую массу до и после тренировочного периода.

Значимое увеличение гемоглобиновой массы было отмечено только у экспериментальной группы (с 805 ± 209 до 848 ± 225 г; $P < 0.01$; увеличение на 5,3%), проживавшей и тренировавшейся на больших высотах, чем группа контроля.

При этом объем эритроцитов также увеличился только в экспериментальной группе (с 2353 ± 611 до 2470 ± 653 мл; $P < 0.01$;

увеличение на 5,0%). Кроме того, в экспериментальной группе значительно увеличились следующие показатели: эритропоэтин сыворотки, ретикулоциты, трансферрин, гематокрит. Эти изменения сопровождались значимым увеличением максимального потребления кислорода и времени пробегания дистанции 5000 м.

Прирост гемоглобиновой массы индивидуален, при этом он возможен, как у юных спортсменов, так и у спортсменов высокого класса. Так, в исследовании Wehrlin и Marti (2006) было показано, что гемоглобиновая масса прирастает на 7,6% и 3,9% у 2 элитных бегунов на длинные дистанции (бег на 5000 м и марафонский бег, соответственно) при тренировке на высоте 1800 м и проживании в это время на уровне 2456 м над уровнем моря в течение 26 дней. После завершения такой тренировки спортсменам удалось улучшить свои соревновательные результаты (через 27-29 дней).

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. (2002). В исследовании приняли участие 48 человек: 12 лиц контрольной группы (немцы), проживающих на уровне моря (К-0 м), 12 немецких велосипедистов-шоссейников, проживающих на уровне моря (С-0 м), 12 лиц контрольной группы (колумбийцы), проживающих на высоте 2600 м над уровнем моря (К-2600 м) и 12 колумбийских велосипедистов-шоссейников, проживающих на высоте 2600 м над уровнем моря (С-2600 м). Исследование показало, что длительное пребывание на высоте 2600 м над уровнем моря значительно повышает гемоглобиновую массу, как у спортсменов-стайеров, так и лиц, не занимающихся спортом.

В недавнем исследовании на протяжении 2-х летнего периода с участием 45 элитных немецких пловцов Wachsmuth и соавт. (2012) показали, что у пловцов рост гемоглобиновой массы возможен только в естественных гипоксических условиях (среднегорье, 2320 м) на протяжении 3-4 недель

тренировок. При этом было установлено, что пол не играет роли на выраженность таких изменений. Кроме того, было обнаружено, что соревновательные результаты незначительно (-0,4%) падают сразу же после тренировки в условиях среднегорья, но повышаются (+0,8%) на 3-5 неделе после этого периода; 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 $1077,4 \pm 134$ г до $1149,9 \pm 141,8$ г, $P < 0.0005$; женщины: с $700,8 \pm 84,6$ г до $762 \pm 86,4$ г, $P = 0.0005$), чем на высоте 1360 м над уровнем моря (мужчины: с $1055 \pm 107,1$ г до $1186,6 \pm 116,3$ г, $P = 0.03$; женщины: с $691 \pm 68,5$ г до $707,2 \pm 77$ г, $P = 0.012$), что согласуется с предыдущими работами.

Garvican и соавт. (2010) 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. (2008) было показано, что гемоглобиновая масса – это достаточно устойчивый показатель при отсутствии тренировочного процесса (на уровне моря). Чтобы доказать это, они измеряли у 6 физически активных мужчин гемоглобиновую массу на протяжении 114 дней (раз в 1-6 дней). Это свидетельствует о том, что измерение гемоглобиновой массы целесообразно для оценки тренировочного эффекта в спортивной практике.

В другой работе той же группы авторов (Eastwood et al. 2009) сравнивали группу подростков (11-15 лет), которые тренировались в течение 1 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 значимо увеличилась в экспериментальной группе только в абсолютных значениях.

2. Методические приемы и возможности использования гипоксической тренировки в легкой атлетике.

Одной из основных задач учебно-тренировочного процесса является применение наиболее эффективных средств, методов подготовки, направленных на совершенствование различных сторон спортивного мастерства легкоатлетов. Каждое из применяемых в тренировке средств одновременно может решать не одну, а несколько задач: повышение уровня функциональной, психологической подготовленности, обучение, совершенствование тактики, техники, развития физических качеств. Рациональное применение этих средств определяет конечный результат - место, занятое на соревновании, а также позволяет сохранить необходимый потенциал и ресурсы здоровья в многолетнем процессе подготовки спортсменов.

Гипоксическая тренировка успешно используется для повышения функциональных возможностей легкоатлетов, совершенствует волевые и физические способности, повышает устойчивость к гипоксии, увеличивает общую и специальную резистентность организма. В этом плане, высокая гипоксия вызывает значительные перестройки в функциональных системах организма, стимулирует адаптационные механизмы и тем самым повышает работоспособность спортсмена и переносимость предельных мышечных нагрузок.

2.1. Работоспособность и спортивные результаты в горных условиях

Снижение плотности воздуха приводит к снижению аэродинамического сопротивления, что особенно сильно сказывается на результатах в таких видах спорта и дисциплинах, как конькобежный и велосипедный спорт, легкоатлетический спринт, прыжок в длину и др. В частности, при беге на дистанцию 5000 м над уровнем моря на преодоление

сопротивления воздуха затрачивается около 11 % энергии, а в велогонках - до 90 %. Работа на высоте около 3000 м приводит к экономии энергии у бегунов на длинные дистанции на 3-4 %, а у велогонщиков - до 28 % (Shephard, 1992). Снижение плотности воздуха на высоте 2200-2400 м соответствует в спринтерском беге действию ветра в спину со скоростью 1,5-1,7 м•с⁻¹, чем и объясняются очень высокие результаты в беге на дистанциях 100, 200 и 400 м, в беге на коньках - на дистанцию 500 м, достигнутые в условиях среднегорья и высокогорья. В таких условиях, естественно, возрастают результаты в метании диска и копья, прыжках в длину, с шестом, метании молота и других видах спорта; например, на высоте 2240 м над уровнем моря дальность полета ядра увеличивается на 5 см, молота - на 53 см, копья - на 69 см, диска - на 162 см. Резко возрастают результаты в горнолыжном спорте и велосипедном спорте на треке (особенно в спринтерской гонке и гонке на 1000 м с места).

Экономия энергии за счет снижения аэродинамического сопротивления во многих случаях здесь может превысить потери из-за сниженного парциального давления кислорода. Поэтому работа в горных условиях при одной и той же скорости передвижения может оказаться более экономичной по сравнению с условиями равнины (Fuchs, Reiß, 1990). Этим объясняется, в частности, установление многочисленных рекордов в конькобежном спорте на горном катке Медео (высота 1609 м), а также высокие результаты в беге на дистанцию 800 м, индивидуальной гонке на 1000 м с места на треке и другие, которые показывают спортсмены в условиях среднегорья.

Значительное снижение парциального давления кислорода воздуха (например, в Мехико оно на 1/4 ниже аналогичного показателя на уровне моря) приводит к резкому уменьшению поступления кислорода в организм в процессе дыхания и снижению результатов в дисциплинах, требующих выносливости в аэробной работе. В беге на длинные дистанции спортивные результаты, например, на 5-7 % ниже по сравнению с результатами, показанными на уровне моря.

2.2. Кратковременные виды тренировки в среднегорье

В настоящее время тренировка в среднегорье используется в разных странах довольно стереотипно. В годичном цикле проводятся от 1 до 3 сборов длительностью по 15-25 дней, что обеспечивает определенную эффективность тренировочного процесса. Однако, как и любое средство повышения работоспособности, тренировка в среднегорье нуждается в дальнейшем развитии и в поиске новых вариантов ее структуры. Для определения перспективы дальнейшего развития необходим анализ различных, часто нетрадиционных, вариантов ее использования в спортивной практике.

В системе подготовки ведущих легкоатлетов Европы и нашей страны были предприняты попытки использовать для тренировки в среднегорье короткие сроки.

Чемпион Европы 1974 г. в беге на 800 м югослав Л.Сушань применил тренировку в среднегорье на высоте 2000 м в течение 7 дней без изменения привычного объема и интенсивности нагрузки. Содержание ее было следующим. В первый день прогулка на ледник до высоты 3400 м. Последующие 3 дня он напряженно тренировался интервальным методом с небольшим объемом и высокой скоростью, увеличивая время отдыха. На 5-й день легкая кроссовая тренировка на местности. На 6-й день состоялся контрольный бег. Последний день был посвящен активному отдыху и спринтерским упражнениям. На 2-й день после спуска он участвовал в соревнованиях и пробежал 800 м с высоким результатом - 1.44,87 На 18, 19, 20-й дни после возвращения стартовал на чемпионате Европы в Риме и победил с высоким результатом 1.44,01.

Один из сильнейших советских бегунов на 800 м В.Пономарев после неудачной первой половины сезона 1975 г. 19 июля поднялся в Терскол (высота 2200 м), где пробыл 6 дней. Его тренировка состояла из прогулок на большие высоты - до 3000-3500 м - и медленного бега с ускорениями вниз. Кроме того, он провел 2 интенсивные тренировки небольшого объема на

отрезках по 200 м. На Спартакиаде народов СССР он стартовал на 3-й и 6-й дни реакклиматизации и стал чемпионом страны, а затем успешно выступал в финале Кубка Европы в Ницце, стал победителем матчей СССР-Англия, СССР-Финляндия и чемпионом Спартакиады дружественных армий. Аналогичную тренировку он провел в мае 1976 г. и победил в соревнованиях на призы газеты "Правда".

Экс-рекордсменка мира в беге на 800 м В.Герасимова использовала такой же вариант подготовки в апреле 1976 г. За 7 дней пребывания в Цахкадзоре ею были проведены 3 жесткие интервальные тренировки (2, 4, 6-й дни) на отрезках 200, 300 и 400 м с невысоким объемом, 3 кроссовых занятия (3, 5, 7-й дни) и 1 прогулка в горы до высоты 3000 м (1 день). Переехав в Сочи, спортсменка провела контрольный бег на 2-й день, а на 6-7-й участвовала в соревнованиях памяти братьев Знаменских, где победила с высоким результатом - 2.01,0.

После последующей серии соревнований и тренировки В.Герасимова вновь выехала в Цахкадзор 1 июня, где пробыла 6 дней. Тренировка ее была сходна с описанной выше:

1-й день - прогулка до высоты 3000 м;

2-й день - интервальный бег, 2 серии 4x200 м со скоростью от 27 до 24,8 с, интервал отдыха 200 м трусцы, между сериями 10 мин;

3-й день - продолжительный бег 12 км, скорость 1 км - 4 м 20 с;

4-й день - контрольный бег 600 м - 1.26,8 с, 200 м - 25,2 с; 5-й день - продолжительный бег 15 км, скорость 4 мин 15 с на 1 км;

6-й день - интервальный бег 2x400 м (54 и 54,5 с) с отдыхом 10 мин.

Ежедневно спортсменка утром пробегала 6 км в аэробном режиме.

7 июня она вылетела в Киев, где провела 2 легкие тренировки. Участие в чемпионате СССР на 4-й день - 800 м предварительные забеги, 5-й день - полуфинал.

В финале бега на 800 м на 6-й день после спуска с гор она установила мировой рекорд 1.56,0. Следует отметить, что в обоих случаях при

использовании сроков недельной длительности интенсивность тренировочных нагрузок не снижалась.

Швейцарские бегуны на 400 м, 400 м с/б, средневики и стайеры использовали тренировку в среднегорье (Санкт-Мориц) в следующем варианте - 2 сбора по 10 дней с интервалом между ними в 1 неделю.

Направленность тренировочной работы при такой структуре: первые 10 дней - тренировочные нагрузки аэробного характера, 7 дней в предгорьях - активный отдых и вторые 10 дней - тренировочные нагрузки специального характера.

Были предприняты попытки использования тренировки в среднегорье для легкоатлетов-многоборцев по следующей схеме: 3 дня - тренировка в среднегорье без снижения параметров нагрузки, 2-3 дня - активный отдых в предгорьях, следующие 3 дня - опять тренировка в среднегорье, затем снова 2-3 дня - активный отдых в предгорьях и т.п., суммарно - в течение 20-24 дней. В результате такой подготовки группа молодых десятиборцев повысила свои спортивные достижения.

В то же время кратковременное пребывание в горах может быть использовано для активного отдыха или разгрузочной тренировки в разгар соревновательного периода.

В 1981 г. 9 молодых бегунов на средние, длинные дистанции и 2000 м с/п участвовали в напряженных соревнованиях сезона, которые закончились Всесоюзной спартакиадой школьников в Вильнюсе, где спортсмены в условиях жесткой конкуренции и отбора провели от 3 до 6 стартов за 5 дней.

После того как они были отобраны для участия в соревнованиях юных спортсменов "Дружба" в Дебрецене (ВНР), 6 спортсменов выехали в Цахкадзор, где провели 6-7 дней.

Главной задачей этапа горной подготовки было восстановление спортсменов после напряженных стартов и подводка их к международным соревнованиям. 3 спортсмена не выехали в горы, а провели сбор на равнине.

Структура тренировочного процесса в Цахкадзоре для тех, кто готовился к стартам в Венгрии, предусматривала тренировочные нагрузки аэробного характера небольшого объема с контрольным бегом на 4-й день пребывания.

В результате кратковременного сбора длительностью 6-7 дней 5 спортсменов из 6 показали свои лучшие результаты в Дебрецене, и только одна бегунья показала результат на 1 с хуже личного рекорда на 1500 м. Из бегунов, не проводивших сбора в горах, только 1 спортсменка улучшила свои достижения, а двое значительно их снизили.

Сравнение результатов, достигнутых молодыми бегунами, показывает достаточную эффективность использования среднегорья в соревновательном периоде с целью восстановления функционального состояния спортсменов.

Подготовка в условиях среднегорья является достаточно напряженным этапом в годичном цикле: в ходе ее на спортсмена воздействуют как привычный уровень тренировочных или соревновательных нагрузок, так и комплекс климатических факторов внешней среды. Суммарное воздействие этих двух компонентов всегда выше, чем воздействие каждого из них.

В связи с этим подготовку спортсменов в среднегорье можно рассматривать как мезоцикл "ударной" тренировки, когда поставленные задачи решаются в короткие сроки за счет повышенного суммарного воздействия на человека указанных факторов.

Как правило, длительность мезоцикла "ударной" тренировки в обычных условиях колеблется в пределах 2-4 недель, после чего следует разгрузка или участие в соревнованиях, а в подготовительном периоде - дальнейшая работа по реализации высоких тренировочных нагрузок.

В практике спорта мы находим ряд данных, подтверждающих целесообразность 3-недельного или близких к нему 2-4-недельных этапов проведения напряженной тренировки и сборов. Эти факторы позволяют считать, что 2-4-недельная тренировка в горах по срокам оптимальна, что подтверждается и результатами специальных исследований.

Рекомендуя более длительные сроки однократного пребывания в среднегорье - 5-6 недель - для подготовки к ответственным соревнованиям, которые должны проводиться на равнине, ряд авторов использовали данные, полученные при изучении подготовки к олимпийским соревнованиям в Мехико. Большинство специалистов тогда сходились во мнении, что 3 недели акклиматизации недостаточны для успешного выступления на высоте 2240 м, особенно в видах спорта, требующих проявления высокого уровня выносливости.

Д.А.Алипов выделил 3 стадии процесса адаптации спортсменов к среднегорью: а) несбалансированных приспособительных реакций; б) неэкономного приспособления; в) экономного приспособления. Длительность первых 2 фаз составляет 30 дней, и только после наступления 3-й автор советовал выступать в Мехико.

Но отождествлять тренировку в среднегорье для выступления в соревнованиях на той же высоте и горную тренировку для соревнований на равнине - нельзя.

Значительное количество научных исследований, выполненных учеными разных стран в период подготовки к XIX Олимпийским играм в Мехико в 1964-1968 гг., оказало существенное влияние на трактовку основных положений акклиматизации спортсменов к среднегорью и адаптации к напряженной мышечной работе в этих условиях, а также на обоснование сроков тренировки в горах. В последующие годы, когда спортсмены стали готовиться в горах для выступления в соревнованиях на равнине, многие положения стали переноситься на такую тренировку по инерции. Обосновывая сроки подготовки в среднегорье, необходимые для успешного выступления в Мехико, исследователи исходили из предпосылок, что наибольшие шансы на победу в видах спорта, требующих преимущественного проявления выносливости, имеют спортсмены, родившиеся или длительно проживавшие в горах.

Исходя из этого, ученые рекомендовали длительные сроки предварительной тренировки перед Олимпийскими играми в Мехико. Однако организационно выполнить их было невозможно из-за материальных ресурсов, олимпийских правил, психической усталости спортсменов при длительном пребывании в горах и действия других факторов. Не учитывали и тот известный факт, что для достижения такой степени адаптации, как у коренных жителей, требовались многие годы.

Таким образом, это правильное в целом предположение о длительных сроках акклиматизации не могло быть реализовано в ходе олимпийской подготовки. В то же время наиболее успешно выступили в беге на выносливость, после бегунов Африки, спортсмены Австралии, США, ФРГ, прибывшие в Мехико всего за 3 недели до Игр.

Ряд исследований показывает, что организм человека, проживающего на равнине и временно прибывающего в среднегорье, адаптируется к гипоксии путем обеспечения тканевых процессов кислородом на первых этапах за счет повышения мощности транспортных систем дыхания и кровообращения, увеличения массы митохондрий и окислительного ресинтеза АТФ на единицу массы клетки. Все это является значимой предпосылкой для повышения работоспособности как в процессе акклиматизации, так и после тренировки в среднегорье, в противовес генетически обусловленной экономизации работы организма в условиях обедненной кислородом среды у уроженцев горных стран. Отсюда следует, что обеспечение успешного выступления в соревнованиях в среднегорье и на равнине после тренировки в горах связано с различными конечными физиологическими показателями. В одних случаях - повышением мощности функционирования физиологических систем, а в других - повышением экономичности их деятельности. Следовательно, сроки тренировки в горах для выступления на равнине могут быть сокращены, а отъезд с гор - не совпадать с фазой экономного приспособления.

Этот вывод дает возможность объяснить положительный эффект кратковременной подготовки в среднегорье - от 6 до 12 дней.

Таким образом, решая задачи подготовки к соревнованиям, проводящимся на равнине, необходимо в период тренировки в среднегорье добиться повышения функционального уровня основных энергетических систем организма, а при подготовке к соревнованиям, проводящимся в горах, главная задача - экономная деятельность систем организма.

Фазовость адаптации к горному климату и целесообразность различных сроков окончания тренировки в среднегорье имеют определенные биологические предпосылки.

Выше отмечалось, что традиционное использование тренировки в среднегорье стало приносить в последние годы несколько меньший эффект. Это явление, по-видимому, закономерно. Как одинаковая тренировочная нагрузка, применяемая из года в год, ведет к застою спортивных достижений, так и используемая по одной и той же схеме тренировка в среднегорье начинает приносить все меньший и меньший эффект. Это обстоятельство приводит к выводу о необходимости систематического повышения тренировочных требований в горах: объем и особенно интенсивность тренировочной нагрузки должны повышаться от выезда к выезду. Может увеличиваться и высота - до уровня 2400-2800 м, а также включаться "Игра высотами". В то же время наибольшие различия в динамике функционального состояния спортсменов, имеющих малый и большой "горный" стаж, низкий и высокий уровень подготовленности, различный возраст, проявляются в фазе "острой" акклиматизации.

Все это позволяет говорить о том, что главной фазой, в целом влияющей на эффективность использования спортивной тренировки в среднегорье как для сохранения работоспособности в горах, так и для повышения достижений в привычных условиях, является фаза "острой" или "аварийной" акклиматизации. В первом случае чем ниже будут сдвиги функциональных систем, тем прочнее адаптация и выше результаты в горах.

Во втором случае чем выраженнее сдвиги различных систем организма в эти дни, тем выше будут, по-видимому, последующие результаты спортсменов на равнине, что подтверждается наблюдениями многих тренеров, отмечавших наибольший прирост спортивных достижений после тренировки в горах у спортсменов, наиболее тяжело переносивших "острую" акклиматизацию.

А так как длительное использование (5-6 недель) высоких по интенсивности нагрузок может привести к переутомлению, то такая тренировка в среднегорье должна быть более кратковременной.

Если принять концепцию о необходимости достижения более устойчивой адаптации в среднегорье, то трудно объяснить факты положительного влияния кратковременных сборов в горах с выполнением высоких по интенсивности тренировочных нагрузок у спортсменов высокой квалификации.

Исходя из представления об общем звене механизма адаптации к гипоксии и физическим нагрузкам, необходимо определить сроки оптимальной длительности суммарного действия климатических факторов и интенсивности тренировочных нагрузок, чтобы не допустить в результате чрезмерного их влияния признаков дизадаптации или срыва.

Поэтому тренировка в среднегорье сроком до 3 недель с повышающимися тренировочными нагрузками, по-видимому, будет проходить преимущественно в фазах "аварийной" и переходной адаптации и способствовать увеличению мощности энергетических систем, обеспечивающих работоспособность спортсменов. Более продолжительная и менее интенсивная тренировка может привести к повышению экономичности работы.

Кратковременная и интенсивная тренировка в условиях среднегорья достаточно опасна, так как существует возможность перетренировки. Однако опытные спортсмены в условиях систематического педагогического и

медико-биологического контроля смогут избежать негативных последствий такой тренировки.

В то же время в отдельных спортивных дисциплинах важнейшее значение для успешного выступления в горах и на равнине имеют одновременно как высокие функциональные проявления кислородтранспортной и мышечной систем, так и экономное расходование энергетических ресурсов. К таким дисциплинам относятся марафонский бег, спортивная ходьба, лыжные гонки, велосипедный спорт на шоссе.

Наглядным примером решения одновременно двух задач является тренировка олимпийской чемпионки в марафоне В.Егоровой в 1992 г., в котором было проведено 2 сбора в горах: первый в Мехико в январе - 24 дня, второй в Чолпон-Ата (Киргизия) - 1700 м, продолжительностью 45 дней. Старт на олимпиаде в Барселоне состоялся на 21 день спуска. Объем тренировочной нагрузки до подъема в горы и в горах составлял 600-700 км в месяц при 2-3-разовых занятиях в день.

Утром до завтрака весь этот период времени проводилась стандартная тренировка - бег в аэробном режиме продолжительностью около 10 км и гимнастические упражнения, входящие в разминку.

Первые 8 дней проводилась щадящая тренировка в экстенсивном режиме. До 35 дня тренировочные нагрузки соответствовали условиям равнины. С 36 по 45 дни интенсивность нагрузки была снижена.

На 12 день Егорова пробежала полный марафон в следующей комбинации за 2:50.40 с: равномерный бег 20 км +повторный бег 1+2+3+5 км со скоростью 3.25-3.30 с каждый км. Интервалы отдыха составили 7,195 км.

На 41 день контрольный бег на 35 км.

Прилет в Барселону за 4 дня до старта.

Другим примером является подготовка в горах олимпийского чемпиона в марафоне 1988 года итальянца Д.Бордина. Он тренировался в среднегорье 60 дней с 11.07 по 9.09.88 г. Спуск на равнину в Милан прошел за 24 дня до

старта в Сеуле, где он тренировался с 9.09 по 22.09, проезд в Сеул за 11 дней до марафона (с 22.09 по 2.10.88 г.).

За этот период он провел 3 соревнования в горах на 17,21 и 41 дни, а также 1 старт на 3 день в Милане.

За 84 дня (60 в горах и 24 на равнине) он пробежал 2600 км, провел 7 занятий в соревновательном темпе и 2 занятия на дистанции длиннее марафонской.

Все вышеизложенные материалы позволяют говорить о том, что в настоящее время связать необходимую длительность тренировки в среднегорье в соревновательном периоде с окончанием определенных фаз процесса адаптации не представляется возможным.

Для повышения спортивных результатов как в обычных, так и в горных условиях можно почти с одинаковым успехом использовать 2-, 8-недельную тренировку в среднегорье, в зависимости от периода годичного цикла, календаря соревнований и материальных ресурсов. Эти сроки тесно связаны с длительностью основных этапов тренировки и известными биологическими ритмами. Однако чем длиннее сборы, тем более значительным должно быть снижение интенсивности тренировочной нагрузки в 1-м микроцикле горного этапа.

Выводы, полученные в процессе экспериментальной проверки сроков тренировки в горах для последующего выступления в привычных условиях на контингентах пловцов, бегунов и борцов, можно распространить и на другие циклические виды спорта и единоборства.

В целях повышения эффективности спортивной тренировки у высококвалифицированных спортсменов, имеющих большой "горный" стаж, можно использовать также кратковременные выезды в горы на 6-10 дней без значительного снижения интенсивности тренировки или в разгрузочном режиме в зависимости от состояния спортсменов накануне ответственных стартов.

В структуре годичного макроцикла важное значение имеет и количество выездов в среднегорье в течение года. Обобщение опыта спортивной практики показывает, что при подготовке к соревнованиям на равнине оптимальными являются 2-4 выезда в среднегорье, каждый из которых имеет четкие целевые установки, зависящие от задач конкретного периода или этапа тренировки.

В основе этой рекомендации лежат следующие предпосылки. Положительный эффект после тренировки в условиях среднегорья, как показывают собственные исследования и данные многих авторов, сохраняется до 1,5-2 месяцев, поэтому каждый последующий сбор не должен накладываться на следы предыдущего. При подготовке к соревнованиям в горах последующий сбор следует проводить через 1-1,5 месяца, используя след предыдущей адаптации, тем самым обеспечивая более эффективную тренировку. В этом случае возможны 5-6 и более выездов в горы в годичном цикле.

2.3. Сроки проведения акклиматизации в среднегорье

Период акклиматизации спортсменом в горах может колебаться в очень широком диапазоне - от 3-5 дней при активной нагрузке 10-12 часов, до 10-12 дней при 35-45 часов активной нагрузки. Эти колебания обуславливаются рядом причин. Среди них в первую очередь следует назвать опыт горной подготовки, накопленный спортсменами. Те из них, которые регулярно выезжают для тренировки в горы, вырабатывают способность к достаточно быстрой и эффективной адаптации к новым условиям, и способны в 1,5-2 раза быстрее войти в привычный режим тренировки по сравнению со спортсменами такой же квалификации, прибывшими в горы впервые (Н.И. Волков и др.; С. Елисеева, 1974). Не меньшее значение для ускорения процессов акклиматизации имеет и практика применения искусственной гипоксической тренировки, проведенной в условиях равнинной подготовки в недели, непосредственно предшествовавшие тренировке в горах.

Двухнедельная тренировка в условиях искусственной гипоксии при общем объеме нагрузки в 20-30 часов способна резко ускорить и облегчить процесс акклиматизации спортсменов в условиях естественной гипоксической тренировки (В.Н. Платонов, М.М. Булатова, 1995).

Сроки акклиматизации во многом определяются возрастом и спортивной квалификацией спортсменов. Юные спортсмены, особенно прибывшие в горы впервые, адаптируются к новым условиям медленнее, чем взрослые. Спортсмены высшей квалификации проходят период акклиматизации намного легче по сравнению со спортсменами, заметно уступающими им в мастерстве, тренировочном и соревновательном опыте.

После стандартной нагрузки продолжительность восстановительных реакций, по данным частоты сокращений сердца, потребления кислорода, погашения кислородного долга у взрослых спортсменов, адаптированных к горам, оказывается на 25-35 % короче по сравнению с взрослыми спортсменами, не адаптированными к горной подготовке, и на 30-45 % по сравнению с юными спортсменами.

Продолжительность адаптации к горным условиям во многом определяется специализацией спортсмена и особенностями их функциональной подготовленности. Реакции со стороны различных органов и систем, их динамика в различные дни пребывания в горах в значительной мере определяются функциональными возможностями людей, наличием у них опыта пребывания в условиях гипоксии при тренировке в равнинных условиях. К примеру, у спортсменов высокого класса, специализирующихся в видах спорта, требующих высокого уровня аэробных возможностей (бег на длинные дистанции, велосипедный спорт (шоссе) и т. п.), величины сдвигов важнейших показателей гемодинамики в состоянии покоя отмечается лишь на высоте, превышающей 2500-3000 м.

Спортсмены, специализирующиеся в видах спорта, предъявляющих высокие требования к аэробным и анаэробным гликолитическим возможностям, адаптируются к тренировке в естественных, а также

искусственных гипоксических условиях заметно быстрее, чем спортсмены, специализирующиеся в видах спорта скоростно-силового или сложнокоординационного характера. Однако проявляется это лишь применительно к работе аэробного, аэробно-анаэробного и анаэробного гликолитического характера. Что же касается упражнений скоростно-силового или сложнокоординационного характера, то зависимость часто оказывается кратной: здесь преимущество имеют те спортсмены, в подготовке вторых в условиях равнины преобладали такие же упражнения. Поэтому очень важно следить за тем, чтобы подготовка в среднегорье по составу средств и методов, основной направленности и динамике нагрузок не сильно отличалась от предшествовавшей - равнинной. В этом случае процесс акклиматизации будет протекать эффективнее и спортсмен быстрее может быть переведен в режим напряженной подготовки.

Влияние квалификации и подготовленности спортсменов к горной тренировке наглядно проявляется на результатах психологических исследований. Хорошо подготовленные спортсмены высокой квалификации, регулярно применяющие тренировку в горах, часто уже на 3-4-й день достигают высокого уровня работоспособности при оптимальном психическом состоянии - высокой активности к выполнению сложных тренировочных программ, высоком уровнем контроля и управления динамическими характеристиками движений.

В связи с ярко выраженной этапностью приспособления организма спортсменов к мышечной работе в условиях среднегорья предлагаются различные сроки проведения подготовки в горах. Большинство специалистов считают наиболее аффективными сроками подготовки в горах для улучшения результатов на равнине период около трех недель или 20+5 дней. В.И. Маджуга и И.Г. Огольцов (1971) рекомендуют 3-4-кратное пребывание в среднегорье с 10-15-дневными интервалами и последующим участием в соревнованиях на равнине. Имеются мнения о целесообразности более длительных сроков тренировки в среднегорье от 4 до 6-7 недель.

Исследование механизмов адаптации к работе в среднегорье позволили дать ответ на один из важнейших вопросов практики - определение оптимальных сроков пребывания в горах перед соревнованиями. По этому вопросу существуют различные мнения, и сроки определяются от 4-х дней (данные института кардиологии в Мехико) до 3-60 месяцев.

2.4. Динамика спортивной работоспособности у спортсменов, занимающихся легкой атлетикой в период реакклиматизации.

Анализ литературных данных и многолетние многочисленные наблюдения за тренировкой спортсменов, специализирующихся в циклических видах спорта, требующих проявления выносливости, позволяют утверждать, что работоспособность, выраженная в функциональных показателях и в спортивных результатах, этих интегральных критериях состояния организма и его возможностей, в период реакклиматизации после спуска с гор имеет выраженный волнообразный характер. В этом периоде длительностью от 3 до 6-8 недель наблюдаются фазы как относительно повышенной работоспособности, так и временного снижения ее. В то же время в абсолютном понимании положительной или негативной фаз не существует, так как исследования показывают, что высшие спортивные достижения, хотя и у небольшого числа спортсменов, были зафиксированы в дни, отнесенные к негативным.

Мнения об однонаправленном, повышенном на протяжении 2-3 недель уровне спортивной работоспособности, высказанные рядом зарубежных и отечественных исследователей, представляются недостаточно объективными по следующим причинам.

Многие исследования в горах проводились в период подготовки к Олимпийским играм в Мехико и заканчивались 1 или 2 стартами в соревнованиях, перед которыми в течение 5-10 дней в горах снижались тренировочные нагрузки, то же наблюдалось затем в связи с переездом к

месту жительства. Это могло способствовать проявлению высоких спортивных результатов на протяжении нескольких дней после спуска с гор.

Наиболее сложной фазой периода реакклиматизации являются первые 2 недели после спуска с гор. Некоторое снижение работоспособности, отмеченное в исследовании в 1-2-й день, связано чаще всего с трудностями дороги (перелет, переезд), со сменой часового пояса, разницей в температуре и влажности воздуха и т.д. Это не всегда позволяет спортсменам показать достаточно высокие результаты. В начале 2-й недели после спуска с гор, чаще всего с 7-8-го по 10-11-й день, проявляется новая фаза снижения работоспособности по отношению к 3-6-у и последующим дням, хотя уровень ее может оставаться более высоким, чем исходный до подъема в горы.

Динамика работоспособности во время реакклиматизации в какой-то мере напоминает динамику в период акклиматизации в среднегорье. Там в течение 2 недель происходит большая часть различных адаптационных изменений в организме. В те же сроки после спуска с гор заканчиваются обратные приспособительные реакции и достигается повышенная работоспособность у спортсменов.

В исследованиях отмечены факты 3-й волны повышения работоспособности на 36-46-й день после спуска с гор. Повышение спортивных результатов бегунов и пловцов, уровня МПК можно рассматривать в 2 аспектах: во-первых, как новую фазу повышения работоспособности после тренировки в среднегорье; во-вторых, как следствие дальнейшего повышения тренированности в связи с участием в состязаниях в соревновательном периоде.

Однако вполне возможно, что с 36-46-го дня после спуска с гор при правильно построенной тренировке оба фактора дополняют друг друга, и новая фаза повышения работоспособности после некоторой стабилизации на 28-35-й день является проявлением кумулятивного эффекта тренировки в среднегорье.

3. Эффективные методы контроля функционального состояния организма у легкоатлетов при использовании тренировки в условиях нехватки кислорода

Определение скоростно-силовых возможностей легкоатлетов

При **изокинетическом тестировании**, как основном методе оценки силовых возможностей, определяется мышечное усилие, которое спортсмен способен приложить для того, чтобы устройство двигалось с постоянной угловой скоростью, измеряемой в радианах в секунду (от лат. isos- равный, kinetic - движение). Чаще всего зарубежные исследователи используют измерения при угловых скоростях от 0,15 до 3,14 рад/с. Этим методом можно измерить достаточное количество параметров, в том числе и асимметрию силы четырехглавой мышцы бедра (квадрицепса) на ногах. Квадрицепс имеет большое значение для легкоатлета. Следует также сказать, что выраженная асимметрия силы мышц левой и правой нижних конечностей, а также значительная асимметрия сил мышц сгибателей и разгибателей, является фактором, предрасполагающим к травматизму.

Анаэробный тест Вингейт (Wingate) представляет собой одну из анаэробных процедур по диагностике физической формы. Спортсмен должен выполнить зависимую от скорости вращения нагрузку за короткий промежуток времени в зависимости от массы его тела, и большинстве случаев за 30 секунд. Таким образом, максимальная мощность (пиковая мощность – ПМ) соответствует максимальной скорости вращения педалей. После достижения максимальной мощности отмечается равномерное снижение мощности до момента окончания теста. Пиковая мощность должна быть равна максимальному алактацидному компоненту анаэробной мощности. Результаты тесно зависят от его продолжительности и заранее выбранной нагрузки.

Результаты теста: пиковая мощность, анаэробная мощность, средняя мощность, анаэробная способность, индекс истощения. Тест особенно

активно применяется в легкой атлетике для спортсменов, проводящих анаэробные тренировки. Более того, он используется в периоде реабилитации для мониторинга процесса наращивания мышечной массы. Все параметры теста могут быть легко и просто установлены в окне конфигурации для анаэробного теста Wingate.

Определением аэробных возможностей

Для определения аэробных возможностей организма в лабораторных условиях используют моделирование реальной мышечной деятельности – нагрузочные тесты. Основными требованиями к этим тестам должны быть надежность, информативность и специфичность. В спортивной физиологии последнее требование является особенно важным, поскольку при выборе теста необходимо, чтобы в используемом упражнении были задействованы те же мышечные группы, что и в соревновательном движении, а также использовался паттерн движений, максимально приближенный к реальным условиям (к соревновательному движению). Например, тестировать бегуна следует при беге на тредбане, а гребца при работе на специальном гребном эргометре. Бессмысленно определять общее $\dot{V} O_2$ организмом у пловца в тесте на велоэргометре (работа ногами), тогда как основные рабочие мышцы в его виде спорта это мышцы рук и туловища т.д.

Все тесты, применяемые в физиологии мышечной деятельности, сводятся к измерению физиологических реакций в ответ на заданную или выбираемую нагрузку. В приросте любого физиологического показателя в ответ на увеличение нагрузки выделяют этап быстрого роста (0.5-1.5 мин), этап медленного прироста (квазиустойчивое состояние) и этап выхода показателя на истинное устойчивое состояние.

Максимальное потребление кислорода (МПК), это интегральный показатель, характеризующий как мощность системы аэробного ресинтеза АТФ, так и возможности сердечно-сосудистой и дыхательной систем к

адекватному обеспечению кислородом работающих мышц. Таким образом, снижение МПК может быть связано либо с неблагополучием со стороны кардио-респираторной системы, либо с низкими окислительными возможностями работающих мышц. Увеличение МПК в процессе тренировок может быть связано как с адекватным тренировочным процессом, так и с изменениями данного показателя в процессе роста

Порог анаэробного обмена (ПАНО) характеризует квазиустойчивое состояние между продукцией метаболитов анаэробного гликолиза (лактат, H^+) и их утилизацией работающими органами. По мере повышения аэробной подготовленности (выносливости), отмечается рост относительной величины ПАНО (в % от МПК). У хорошо подготовленных спортсменов, тренирующих скоростно-силовые качества (все виды борьбы), на пике спортивной формы ПАНО достигает 80% от МПК. Важной характеристикой для построения тренировочного процесса являются эргометрические характеристики и потребление кислорода на ПАНО. В процессе роста спортивного мастерства эти показатели должны возрастать (Волков Н.И., 1990)

Показателем активации анаэробного гликолиза является динамика лактата в капиллярной крови во время ступенчатого теста. У спортсменов с высокими аэробными возможностями лактат крови в тесте длительно не превышает 0,5-1,5 ммоль/л т.к. ресинтез АТФ идет преимущественно по аэробному пути. При низких аэробных возможностях мышц лактат крови не опускается до уровня 0,5-1,5 ммоль/л даже при небольшой мощности работы и рано начинает расти. Чем большие аэробные возможности имеет спортсмен, тем позже (на больших мощностях) регистрируют ПАНО, тем ниже лактат при отказе от работы.

4. Технология измерения гемоглобиновой массы в организме спортсменов.

Оптимизированный метод определения гемоглобиновой массы путем ингаляции фиксированной порции угарного газа (СО) имеет погрешность в 1.1% – 2.2% и может быть с успехом применен в рутинной практике, как для мониторинга эффективности гипоксической тренировки, так и для косвенного определения фактов применения гемотрансфузии у спортсменов.

Описание методики определения гемоглобиновой массы.

Необходимое оборудование: спирометр, гемоксиметр (например, OSM-3 радиометр), СО-тестер.

Общая схема определения гемоглобиновой массы обозначена на рис. 1. После того, как испытуемый пробудет в течение 20 минут в положении полулежа, из локтевой вены через катетер 20G забирают 2,0 мл крови для немедленного определения карбоксигемоглобина (% НbСО). Следует отметить, что в работе Nutler и соавторов (2000) было показано, что вместо венозной крови можно брать и капиллярную, однако все же рекомендуется забор в первую очередь именно венозную кровь. Затем испытуемый должен в течение 4 мин вдохнуть 100% O₂ для полной очистки дыхательных путей от азота перед ингаляцией фиксированной порции угарного газа (СО) (рис. 2). После этого в систему подают 99 мл СО (99,997% чистоты), чем испытуемый дышит в течение 10 мин. Сразу после окончания 10-й минуты, перед отсоединением системы от дыхательных путей испытуемого, у него повторно берут кровь на анализ. Средний процент НbСО среди испытуемых составляет 1,6% до ингаляции СО и достигает 8,2% после ингаляции СО. При этом карбоксигемоглобин и [Нb] анализируют три раза на автоматизированных системах (например, радиометр ABL700; Копенгаген, Дания).

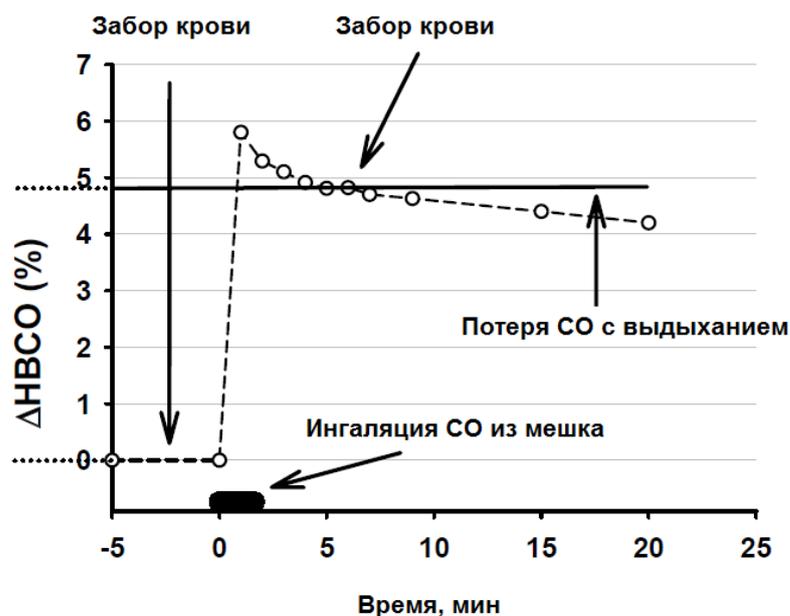


Рис. 1. Схема определения гемоглобиновой массы.

Формула определения гемоглобиновой массы (Schmidt & Prommer, 2005):

$$t\text{Hb mass(g)} = K_{\text{baro}} \times V_{\text{CO}} (\text{mL}) \times 100 \times 1.39 (\text{mL g}^{-1}) \times \Delta\% \text{HbCO}^{-1}$$

где K_{baro} – барометрическое давление окружающей среды (mmHg) $\times 760^{-1}$ (mmHg) $\times [1 + (0.003661 \times \text{температура окружающей среды, } ^\circ\text{K})]$, V_{CO} – объем угарного газа (мл) связанного с гемоглобином (Hb) на 7 минуте. $\Delta\% \text{HbCO}$ – разница между начальным $\% \text{HbCO}$ и максимальным $\% \text{HbCO}$. $1.39 (\text{мл г}^{-1})$ – число Хюфнера (1.39 мл CO связывается с 1 г гемоглобина. Программное обеспечение SpiCo позволяет проводить данные расчеты автоматически.



Рис. 2. Ингаляция фиксированной порции угарного газа из СО-мешка.

Особенности теста:

1. Методика занимает в целом 15 мин;
2. Методика очень специфична и надежна (тех. погрешность < 2.0%);
3. Точность теста не зависит от диффузии СО от гемоглобина до миоглобина;
4. На точность теста не влияет использование других видов OSM3 анализаторов.
5. Кровь можно хранить при температуре -70 C° в течение 6 месяцев с сохранением точности последующего измерения.

Влияние угарного газа на физическую работоспособность

1. Вдыхание СО в тесте временно снижает МПК на 3-4%
2. Период полувыведения СОHb – около 2 часов
3. Уровень СОHb достигает исходных значений через 8-10 часов после теста.
4. Через день после теста спортсмены как правило показывают хорошие соревновательные результаты, что связано с физиологическими эффектами СО в малых концентрациях.
5. Тест можно применить за 12 часов до соревнования и в любое время после.

5. Методические рекомендации по использованию технологии оценки гемоглобиновой массы в тренировочном процессе у легкоатлетов

Общие принципы применения данных о гемоглобиновой массе в тренировочном процессе легкоатлетов можно сформулировать следующим образом:

1. Рост гемоглобиновой массы положительно коррелирует с повышением аэробных возможностей человека, а значит, этот показатель может применяться для оценки эффективности гипоксической тренировки легкоатлетов.
2. Гемоглобиновая масса легкоатлетов-спринтеров и спортсменов, занимающихся ациклическими видами спорта ниже, чем у стайеров, что связано с особенностями тренировочных нагрузок.
3. Гемоглобиновую массу целесообразно определять лишь у тех спортсменов, которые изначально имеют невысокие показатели гемоглобиновой массы. Необходимо иметь в виду, что значения гемоглобиновой массы индивидуальны и генетически детерминированы.
4. Данные о гемоглобиновой массе конкретного спортсмена необходимо вводить в паспорт спортсмена на протяжении всего сезона, следить за динамикой изменений этого показателя и выявить определенные закономерности, присущие для данного спортсмена. В последующем эту информацию можно использовать для оценки эффективности тренировочного процесса спортсмена в условиях гипоксии.
5. Гемоглобиновая масса повышается в основном после пребывания (тренировки и проживания) на высоте более 2100-2500 м над уровнем моря (при условии пребывания в гипоксических условиях не менее 12 часов в сутки на протяжении от 3 недель и дольше). Это надо учитывать для объективной оценки влияния тренировки.

6. После возвращения спортсменов с тренировки в условиях среднегорья на уровень моря значения гемоглобиновой массы приходят к исходным данным. Поэтому, анализ гемоглобиновой массы следует проводить сразу после завершения гипоксической тренировки.
7. Следует иметь в виду, что вдыхание CO в тесте временно снижает МПК на 3-4%. Таким образом, определение МПК после теста на ГМ следует проводить не ранее, чем через 12 часов.
8. Через день после теста спортсмены как правило показывают хорошие соревновательные результаты, что связано с физиологическими эффектами CO в малых концентрациях. Поэтому, тест на ГМ можно применить за 12 часов до соревнования.
9. Кровь, взятую при тесте на ГМ можно хранить при температуре -70 C° в течение 6 месяцев с сохранением точности последующего измерения.

Заключение

Гипоксическая тренировка способствует повышению у легкоатлетов аэробной и анаэробной производительности и, в конечном итоге, спортивной результативности. Для оценки эффективности гипоксической тренировки используют множество методов, которые подразделяются на лабораторные, физиологические, педагогические и функциональные.

Гипоксия приводит к множеству биохимических и гематологических изменений в организме спортсменов. Поскольку уровень гемоглобина не всегда объективно отражает степень воздействия гипоксической тренировки на физическую работоспособность спортсмена (уровень гемоглобина может не меняться), с недавнего времени начали использовать дополнительный показатель крови – гемоглобиновую массу, которая может вырасти за один цикл гипоксической тренировки на 4-8%. Оптимизированный метод определения гемоглобиновой массы путем ингаляции фиксированной порции угарного газа (СО) может быть с успехом применен в рутинной практике, как для мониторинга эффективности гипоксической тренировки, так и для косвенного определения фактов применения гемотрансфузии у спортсменов. Вместе с тем, надо учитывать, что гемоглобиновая масса может увеличиваться в значительной степени лишь у тех спортсменов, у которых исходные значения гемоглобиновой масса невысокие. Кроме того, гемоглобиновая масса повышается в основном после пребывания (тренировки и проживания) на высоте более 2100-2500 м над уровнем моря (при условии пребывания в гипоксических условиях не менее 12 часов в сутки на протяжении от 3 недель и дольше). Множеством исследований установлено, что рост гемоглобиновой массы положительно коррелирует с повышением аэробных возможностей человека, а значит, этот показатель может применяться для оценки эффективности гипоксической тренировки.