

**Федерация легкой атлетики Московской области представляет пятый дайджест, где собраны краткие тезисы исследований, описывающих «Актуальные аспекты «высотных» тренировок.**

**Вы узнаете:**

1. Как «высотные» тренировки спортсменов, тренирующих выносливость, влияют на МПК и гемоглобиновую массу.
2. Какой минимальный срок «высотных» тренировок скорее всего увеличит гемоглобиновую массу.
3. Сколько времени надо провести на высоте более 2300 метров чтобы увеличить гемоглобиновую массу более чем на 10%.
4. Как изменяются экономичность выполнения упражнений, гемодинамическая функция и спортивные результаты у бегунов полупрофессионального уровня при разных вариантах «высотных» тренировок.
5. Влияет ли нормобарическая гипоксия на гематологический статус элитных велосипедисток, тренирующихся на небольшой высоте с последующими тренировками на уровне.
6. В каком направлении в настоящее время движется наука в отношении оценки влияния «высотных» тренировок на организм спортсменов.

**1. «Высотные» тренировки спортсменов, тренирующих выносливость приведут к увеличению МПК более чем в два раза увеличения гемоглобиновой массы.**

Спортсмены, тренирующие выносливость, десятилетиями используют «высотные» тренировки для улучшения показателей на соревнованиях, проводимых на уровне моря.

Считается, что основным механизмом улучшения кондиций является ускоренный эритропоэз, увеличивающий гемоглобиновую массу (ГМ) с сопутствующим увеличением максимального потребления кислорода (МПК).

В то же время не во всех исследованиях показано пропорциональное увеличение МПК на фоне увеличения ГМ.

Целью исследования, проведенного Saunders et al., было определение взаимосвязь между двумя этими параметрами в большой группе спортсменов, тренирующих выносливость, сборов на «высоте».

Для анализа использовались данные, полученные о 145 элитных спортсменах, тренирующих выносливость (94 мужчины и 51 женщина), которые участвовали в различных исследованиях, связанных с «высотными» тренировками.

Всем участникам определяли уровни МПК и гемоглобиновой массы до и после участия в исследовании.

### **Результаты.**

Для объединенных данных корреляция между процентным изменением ГМ и изменением МПК была статистически значимой ( $p < 0,0001$ ).

При разделении корреляции были значительными для «высотной» и контрольной групп, причем корреляция была сильнее в первом случае.

### **Выводы.**

На основании статистических данных высокого уровня авторы приходят к выводу, что тренировки на «высоте» среди спортсменов, тренирующих выносливость, приведут к увеличению МПК более чем в два раза выше по сравнению с увеличением ГМ, что полностью поддерживает применение спортсменами, тренирующих выносливость, тренировок на «высоте».

Но необходимо помнить, что соревновательные результаты не полностью связаны с МПК и определенную роль в эффекте таких тренировок могут играть и изменение негематологических факторов, таких как экономичность бега и уровень нагрузки на лактатный порог.

#### **Ссылка:**

Saunders PU, Garvican-Lewis LA, Schmidt WF, Gore CJ. Relationship between changes in haemoglobin mass and maximal oxygen uptake after hypoxic exposure. Br J Sports Med. 2013 Dec;47 Suppl 1(Suppl 1): i26-30. doi: 10.1136/bjsports-2013-092841. PMID: 24282203; PMCID: PMC3903146.

## **2. Классические «высотные» сборы и сборы с соблюдением принципа «живи высоко, тренируйся низко» в течение даже двух недель скорее всего увеличивают гемоглобиновую массу и большинство спортсменов могут рассчитывать на пользу от такой методики подготовки.**

В метаанализе Goreetal, опубликованном ещё в 2013 году в авторитетнейшем журнале «British Journal Sports Medicine» были проанализированы данные 17 исследований, в которых использовалось повторное вдыхание монооксида углерода для определения уровня гемоглобиновой массы (ГМ) во время высотных тренировок и после них.

В семи исследованиях оценивались результаты классических высотных сборов, в восьми результаты сборов «живи высоко, тренируйся низко» и в двух со смешанным вариантом - комбинацией классических высотных сборов и сборов «живи высоко, тренируйся низко».

### **Результаты.**

Согласно полученным данным ГМ на фоне высотных тренировок увеличивается приблизительно на 1,1% на каждые 100 часов проживания при сборах обоих типов.

После окончания сборов ГМ была выше на 3,3% по сравнению с первоначальными значениями при сроках сборов до 20 дней. 95% -й доверительный интервал предсказания «истинной» реакции спортсмена, подвергшегося 300-часовому пребыванию на высоте, оценивался в 1,1–6%.

## **Выводы.**

Классические «высотные» сборы и сборы с соблюдением принципа «живи высоко, тренируйся низко» в течение даже двух недель скорее всего увеличивают гемоглобиновую массу и большинство спортсменов могут рассчитывать на пользу от такой методики подготовки.

### **Ссылка:**

Gore CJ, Sharpe K, Garvican-Lewis LA, Saunders PU, Humberstone CE, Robertson EY, Wachsmuth NB, Clark SA, McLean BD, Friedmann-Bette B, Neya M, Pottgiesser T, Schumacher YO, Schmidt WF. Altitude training and haemoglobin mass from the optimised carbon monoxide rebreathing method determined by a meta-analysis. *Br J Sports Med.* 2013 Dec;47 Suppl 1(Suppl 1):i31-9. doi: 10.1136/bjsports-2013-092840. PMID: 24282204; PMCID: PMC3903147.

## **3. Тренировки на «высоте» могут увеличить гемоглобиновую массу на 5–14%.**

На протяжении более десяти лет методика высотной подготовки «живи высоко тренируйся низко» (LHTL), разработанная Левином и Стрэм-Гундерсеном, широко используется элитными спортсменами, тренирующих выносливость.

Изначально предполагалось, что при проживании на умеренной высоте, у спортсменов должен увеличиваться объем эритроцитов (RCV) и гемоглобиновая масса (Hbmass), а проведение тренировок на меньшей высоте должно было предотвратить слишком большое снижение интенсивности тренировок, происходящее на умеренной высоте.

Как известно, МПК у элитных спортсменов линейно снижается примерно на 6–8% на каждые 1000 метров увеличения высоты при подъеме от уровня моря до 3000 метров с соответственным повышением относительной интенсивностью тренировок при той же абсолютной рабочей нагрузке. Считается, что за первые две недели акклиматизации этот начальный дефицит можно уменьшить примерно в два раза.

В последние годы ведутся споры относительно степени возможного увеличения объёма эритроцитов и гемоглобиновой массы (ГМ) при тренировках на уровне моря или на умеренной высоте у элитных спортсменов на выносливость. Исследования, в которых гемоглобиновую массу измеряли с помощью оптимизированной техники повторного дыхания монооксидом углерода, показали, что ее изменения у спортсменов на выносливость не зависят от тренировок на уровне моря.

В этом авторы исследования на собственных данных убедились после анализа трех лет тренировок у лыжников национальной сборной.

Новые исследования подтверждают тот факт, что можно временно увеличить ГМ на 5–6%, когда спортсмены подвергаются воздействию умеренной высоты, при условии, что спортсмены проводят более 400 часов на высоте выше 2300–2500 м. Однако, величина этого эффекта меньше, чем сообщаемые повышение значения ГМ на 10–14% и выше, которое наблюдается у спортсменов на выносливость, постоянно проживающих на

высоте 2600 м. Остается выяснить, достигают ли атлеты на выносливость этих значений на сборов «живи высоко тренируйся низко».

Ссылка:

Wehrlin JP, Marti B, Hallén J. Hemoglobin Mass and Aerobic Performance at Moderate Altitude in Elite Athletes. *Adv Exp Med Biol.* 2016; 903:357-74. doi: 10.1007/978-1-4899-7678-9\_24. PMID: 27343108.

**4. «Высотные» тренировки в режиме «живи высоко тренируйся низко» могут оказывать более благоприятное влияние на выполнение упражнений, улучшая экономичность упражнений и гемодинамическую функцию у бегунов полупрофессионального уровня по сравнению с «высотными» тренировками в режиме «живи низко тренируйся низко».**

«Высотные» тренировки в режиме «живи высоко тренируйся низко» (LHTL) часто применяются спортсменами, тренирующими выносливость, которые рассчитывают улучшить свои результаты на соревнованиях, проводимых на уровне моря. Однако положительные эффекты LHTL до сих пор остаются предметом дискуссий.

Авторы исследования, опубликованного в 2019 году, стремились выяснить, может ли 21-дневный сбор в режиме LHTL, выполняемый на моделируемой высоте 3000 метров с долей вдыхаемого кислорода [ $FIO_2$ ] = 14,5%) и на уровне моря, улучшить гематологические параметры, экономии упражнений и метаболизм, гемодинамическую функцию и производительность упражнений по сравнению с со сбором в режиме «живи низко тренируйся низко» (LLTL) среди спортсменов, тренирующих выносливость, полупрофессионального уровня.

Участниками исследования стали 25 бегунов (средний возраст  $23,5 \pm 2,1$  года, МПК  $55,6 \pm 2,5$  мл/мин/кг, результат на 3000 метров  $583,7 \pm 22,9$  секунды) были случайным образом распределены для прохождения сборов в режиме LHTL ( $n = 12$ ) и в режиме LLTL ( $n = 12$ ).

Анализировались данные, полученные до и после сбора длительностью в 21 день.

В течение этого периода еженедельная программа для всех спортсменов включала тренировки шесть раз в неделю и один день отдыха.

Ежедневные программы тренировок состояли из более чем 4 часов различных программ упражнений (например, бег трусцой, высокоскоростной бег, интервальный бег и тестирующий бег дистанциях 3000 или 5000 метров).

Группа LHTL находилась в камере с моделированием окружающей среды ( $FIO_2 = 14,5\%$ ) более 12 часов в сутки, а группа LLTL на уровне моря в комфортных условиях.

**Результаты.**

Гематологические параметры значимо не изменялись.

Однако тренировочный сбор в режиме LHTL привел к большему улучшению экономичности при выполнении упражнений и метаболических параметров (потребление кислорода, индекс оксигенации тканей) и

гемодинамической функции (частота сердечных сокращений, ударный объем сердца) в течение 30 минут упражнений на эргометре в субмаксимальном режиме, что соответствует 80% максимальной частоты сердечных сокращений перед тренировкой.

При тренировках в режиме LHTL также более значимо выросло МПК (5,40 мл/мин/кг против 2,35 мл/мин/кг) и улучшились результаты в тестовом забеге на 3000 метров (34 секунды против 19,5 секунд в группе LLTL).

Эти результаты показывают, что по сравнению с LLTL, LHTL может оказывать благоприятное влияние на выполнение упражнений, улучшая экономичность упражнений и гемодинамическую функцию бегунов полупрофессионального уровня.

Ссылка:

Park NY, Park W, Lim K. Living High-Training Low for 21 Days Enhances Exercise Economy, Hemodynamic Function, and Exercise Performance of Competitive Runners. *J Sports Sci Med.* 2019 Aug 1;18(3):427-437. PMID: 31427864; PMCID: PMC6683611.

**5. Независимо от применения нормобарической гипоксии, тренировки на небольшой высоте с последующими тренировками на уровне моря могут улучшить гематологический статус у элитных велосипедисток, особенно при относительно низких начальных значениях гемоглобиновой массы, что может привести к повышению выносливости.**

В исследовании *Sitkowskietal* изучалось влияние тренировок на небольшой высоте (менее 1100 метров над уровнем моря), поддерживаемых нормобарической гипоксией, на гематологический статус и показатели выносливости у элитных велосипедисток.

22 женщины-велосипедистки тренировались в течение 3 недель на высоте менее 1100 м и 2 недели на уровне моря.

В течение первых 3 недель 15 спортсменок оставались в гипоксических комнатах, имитирующих высоту 2200 м (группа NH, n = 8) или 1000 м (группа плацебо, n = 7), а 7 девушек (контрольная группа) оставались в обычных комнатах.

**Результаты.**

Наблюдалось статистически значимое увеличение гемоглобиновой массы, мощности работы на уровне лактата 4 ммоль /л и максимальной мощности.

Однако эти эффекты не были связаны с применением нормобарической гипоксии.

Изменения гемоглобиновой массы не были связаны с начальными концентрациями ферритина или рецепторов к трансферрину, тогда как изменения относительной гемоглобиновой массы обратно коррелировали с исходными значениями.

Изменения гемоглобиновой массы и уровень выполняемой работы на лактате 4 ммоль/л положительно коррелировали между собой.

## **Выводы.**

Независимо от применения нормобарической гипоксии, тренировки на высоте менее 1100 метров с последующими тренировками на уровне моря могут улучшить гематологический статус у элитных велосипедисток, особенно при относительно низких начальных значениях гемоглобиновой массы, что может привести к повышению выносливости.

### **Ссылка:**

Sitkowski D, Szygula Z, Surala O, Orysiak J, Zdanowicz R, Pokrywka A, Starczewski M, Malczewska-Lenczowska J. Hematological status and endurance performance predictors after low altitude training supported by normobaric hypoxia: a double-blind, placebo-controlled study. *Biol Sport*. 2019 Dec;36(4):341-349. doi: 10.5114/biol sport.2019.88760. Epub 2019 Oct 31. PMID: 31938005; PMCID: PMC6945048.

**6. Высотные тренировки у элитных спортсменов, тренирующих выносливость, должны быть интегрированы в долгосрочные и краткосрочные программы периодизации тренировочного процесса, включающие тренировочные упражнения, восстановительные процедуры, время достижения пиковой производительности, мониторинга процессов адаптации, актуальные подходы к питанию и использованию нормобарической гипоксии в сочетании с тренировками на уровне моря.**

С 1960-х годов спортсмены, тренирующие выносливость, начали целенаправленно использовать высотные тренировки для повышения спортивных результатов.

Параллельно с этим произошла интенсификация исследований, направленных на выяснение механизмов адаптации, вызванных гипоксией, и обоснование оптимальных протоколов тренировок «на высоте» (например, размер и продолжительность гипоксического воздействия, продолжительность действия лимитирующих факторов, периодизация нагрузок, состояние здоровья, индивидуальная реакция и питание). Большинство исследований, проведённых для оценки влияния «высотных» тренировок основывались на динамике изменений различных гематологических параметров, так как известно, что гипоксия вызывает усиленный эритропоэз, приводящий к увеличению гемоглобиновой массы

В то же время гипоксия может вызывать и не гематологические адаптации, такие как экспрессию митохондриальных генов и повышенную буферную способность мышц, что также может влиять на спортивные результаты.

Однако, данные исследований на эту тему среди элитных спортсменов, тренирующих выносливость, ограничены.

Не смотря на значительный научный прогресс в понимании влияния гипобарической гипоксии (естественной высоты) и нормобарической гипоксии (моделируемой высоты), элитные спортсмены, тренирующие выносливость, и их тренеры по-прежнему стремятся быть первопроходцами

в разработке передовых методов высотных тренировок для оптимизации индивидуальных результатов, и они уже внедряют новые методы таких тренировок и прогрессивные подходы к периодизации и мониторингу переносимости нагрузок и оценки эффекта.

Опубликованные и основанные на полевых исследованиях данные убедительно свидетельствуют о том, что «высотные» тренировки у элитных спортсменов, тренирующих выносливость, должны быть интегрированы в долгосрочные и краткосрочные программы периодизации тренировочного процесса, включающие тренировочные упражнения, восстановительные процедуры, время достижения пиковой производительности, мониторинга процессов адаптации, актуальные подходы к питанию и использованию нормобарической гипоксии в сочетании с тренировками на уровне моря.

Дальнейшие исследования должны быть сосредоточены на долгосрочных эффектах повторяющихся «высотных» тренировок, оценки эффекта таких тренировок на разных высотах, и их комбинации с другими компонентами периодизированного тренировочного процесса элитных спортсменов.

Также важно изучение динамики негематологической гипоксической адаптации и дезадаптации, потенциальных различий в адаптации к высоте, на фоне выполняемых в различных режимах тренировочных воздействий.

Ссылка:

Mujik I, Sharma AP, Stellingwerff T. Contemporary Periodization of Altitude Training for Elite Endurance Athletes: A Narrative Review. Sports Med. 2019 Nov;49(11):1651-1669. doi: 10.1007/s40279-019-01165-y. PMID: 31452130.

*С уважением,  
президент Федерации легкой атлетики Московской области  
Безуглов Эдуард.*