



ВЛИЯНИЕ ТРЕНИРОВОК В ГОРНЫХ УСЛОВИЯХ НА ОРГАНИЗМ СПОРТСМЕНОВ: ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ МЕХАНИЗМЫ АДАПТАЦИИ, ГЕМАТОЛОГИЧЕСКИЕ СДВИГИ И МЕТОДИКА ВЫСОКОГОРНОЙ ПОДГОТОВКИ

Оразов Оразмухаммет

Преподаватель, Туркменский государственный институт физической культуры и спорта

г. Ашхабад Туркменистан

Мухаммедов Сулейман

Преподаватель, Туркменский государственный институт физической культуры и спорта

г. Ашхабад Туркменистан

Аннотация

В данной статье представлен комплексный теоретический анализ воздействия факторов среднегорья и высокогорья на функциональные системы организма спортсменов высшей квалификации. Исследуются молекулярные и системные механизмы адаптации к условиям гипобарической гипоксии, анализируется динамика эритропоэза и изменения в кислородно-транспортной функции крови. Подробно рассматриваются этапы акклиматизации, специфика метаболических сдвигов и влияние разреженного воздуха на аэробную производительность. Автор уделяет особое внимание концепциям тренировочного процесса «Live High — Train Low» и «Live High — Train High», обосновывая их эффективность для повышения соревновательного потенциала в различных видах спорта. Работа базируется на актуальных данных спортивной физиологии и медицины, предлагая систематизированный взгляд на использование горной подготовки как мощного фактора интенсификации тренировочного процесса.

Ключевые слова: высокогорная подготовка, гипоксия, эритропоэтин, адаптация, гипобарическая среда, аэробная выносливость, акклиматизация, спортивная физиология, парциальное давление кислорода.

Введение

Использование условий среднегорья и высокогорья в системе подготовки спортсменов является одним из наиболее эффективных и научно обоснованных методов повышения функциональных резервов организма.

Тренировка в горах представляет собой мощный сочетанный стрессор, где на организм атлета одновременно воздействуют гипобарическая гипоксия (пониженное парциальное давление кислорода), изменение интенсивности солнечной радиации, пониженная влажность и температурные колебания. В современной спортивной науке горная подготовка рассматривается как легальный метод «естественного допинга», позволяющий за счет мобилизации внутренних генетических и физиологических ресурсов достичь существенного прироста работоспособности, который сохраняется в течение определенного времени после возвращения на равнину.

Актуальность исследования влияния горных условий на организм обусловлена необходимостью точного дозирования нагрузок в условиях дефицита кислорода. Неправильно спланированная подготовка в горах может привести к дезадаптации, развитию горной болезни и срыву тренировочного процесса. Напротив, грамотное использование высотных факторов запускает глубокую перестройку всех звеньев системы транспорта кислорода — от внешнего дыхания до внутриклеточного метаболизма в митохондриях. Понимание фазности адаптационных процессов позволяет специалистам моделировать пик спортивной формы, синхронизируя его с важнейшими соревновательными стартами.

Механизмы системной адаптации к гипобарической гипоксии

Первичным, фундаментальным и определяющим фактором горной среды, оказывающим радикальное воздействие на физиологический статус атлета, является неуклонное падение парциального давления кислорода (PO_2) во вдыхаемом воздухе по мере набора высоты. Это физическое явление неизбежно ведет к развитию гипоксического состояния — дефициту кислорода в артериальной крови (гипоксемии) и тканях. Первой на этот агрессивный вызов внешней среды реагирует система внешнего дыхания, работающая по принципу немедленной обратной связи. Понижение напряжения кислорода мгновенно фиксируется периферическими хеморецепторами, расположенными в области каротидных синусов сонных артерий и дуги аорты. Импульсация от этих рецепторов поступает в дыхательный центр продолговатого мозга, что провоцирует резкое увеличение минутного объема дыхания за счет углубления и учащения легочной вентиляции.

Гипервентиляция на начальном, критическом этапе акклиматизации (так называемая «аварийная фаза») направлена на максимально возможное поддержание необходимого напряжения кислорода в альвеолярном воздухе для обеспечения градиента давления при диффузии в кровь. Однако этот компенсаторный механизм имеет серьезные побочные биохимические последствия: интенсивное дыхание приводит к чрезмерному вымыванию углекислого газа (CO_2) из крови, что вызывает состояние гипокапнии. Снижение концентрации CO_2 неизбежно ведет к сдвигу рН крови в щелочную сторону, вызывая развитие респираторного алкалоза (защелачивания внутренней среды).

Этот сложный биохимический дисбаланс временно угнетает дыхательный центр и требует значительного времени для метаболической компенсации через почечную систему, которая начинает активно выводить бикарбонаты. Данный физиологический конфликт подчеркивает абсолютную важность постепенности и осторожности входа в тренировочный режим, так как форсирование нагрузок в этот период может привести к декомпенсации.

Параллельно с дыхательной системой масштабные и глубокие изменения претерпевает сердечно-сосудистая система, которая вынуждена работать в режиме повышенной эксплуатационной нагрузки. В первые дни пребывания в условиях среднегорья и высокогорья наблюдается выраженное увеличение частоты сердечных сокращений (ЧСС) и минутного объема кровообращения даже в состоянии полного покоя. Это типичная гипердинамическая реакция, биологический смысл которой заключается в ускорении кругооборота крови для обеспечения адекватной доставки тех немногих молекул кислорода, что удалось экстрагировать из разреженного воздуха, к жизненно важным органам и работающим мышцам. Симпатическая нервная система переходит в состояние гипертонуса, увеличивая выброс катехоламинов, что временно повышает функциональные возможности, но одновременно ведет к быстрому истощению энергетических ресурсов миокарда.

Однако по мере углубления адаптационных процессов (переход к фазе устойчивой адаптации) сердечный выброс постепенно стабилизируется и даже несколько снижается, а общая эффективность работы сердечной мышцы существенно повышается. Это достигается за счет более экономного расхода энергии на каждом сокращении, улучшения микроциркуляции и снижения периферического сопротивления сосудов. На клеточном и молекулярном уровнях разворачивается еще более сложная картина адаптации. Важнейшим регуляторным механизмом здесь является активация специфического белкового комплекса — фактора, индуцируемого гипоксией (HIF-1 α). В обычных условиях этот белок быстро разрушается, но при дефиците кислорода он стабилизируется, проникает в ядро клетки и запускает экспрессию колоссального генного ансамбля, включающего более 200 генов-мишеней.

Эти гены ответственны за системное выживание клетки в условиях жесткого энергодефицита. Под воздействием HIF-1 активируется синтез сосудистого эндотелиального фактора роста (VEGF), что приводит к ангиогенезу — увеличению плотности и разветвленности капиллярной сети в скелетных мышцах и миокарде. Короткий диффузионный путь от капилляра к митохондрии позволяет клетке эффективнее поглощать кислород. Одновременно с этим происходит качественная перестройка внутриклеточного метаболизма: повышается активность окислительных ферментов митохондрий и увеличивается количество самих митохондрий (митохондриальный биогенез). Организм переходит на новый уровень энергообеспечения, повышая свою метаболическую гибкость — способность переключаться между различными субстратами окисления в зависимости от интенсивности нагрузки.

В конечном итоге, именно эти глубокие тканевые изменения, а не только рост гемоглобина, обеспечивают тот уникальный кумулятивный эффект горной подготовки, который делает атлета практически неуязвимым к утомлению на равнине.

Гематологические сдвиги и динамика эритропоэза в горах

Одной из главных целей горной подготовки является стимуляция системы кроветворения. Снижение доставки кислорода к почкам стимулирует синтез гормона эритропоэтина, который воздействует на красный костный мозг, ускоряя продукцию эритроцитов и ретикулоцитов. Увеличение общей массы эритроцитов и концентрации гемоглобина значительно повышает кислородную емкость крови. Этот эффект является ключевым для видов спорта, требующих высокой аэробной выносливости (бег на средние и длинные дистанции, плавание, велоспорт). Процесс значимого увеличения гематологических показателей занимает, как правило, не менее 21–28 дней пребывания на высоте более 2000 метров.

Важно учитывать, что вместе с ростом количества эритроцитов происходит изменение реологических свойств крови — она становится более вязкой. Это создает дополнительную нагрузку на правый желудочек сердца и требует адекватного питьевого режима для поддержания объема циркулирующей плазмы. Кроме того, для успешного синтеза гемоглобина в условиях гор спортсмен должен обладать достаточными запасами железа в организме. Дефицит ферритина делает пребывание в горах неэффективным, так как организм не сможет реализовать стимул к кроветворению. Таким образом, горная подготовка требует предварительного биохимического скрининга и, при необходимости, нутритивной поддержки препаратами железа.

Фазы акклиматизации и стратегии тренировочного процесса

Процесс адаптации организма к горным условиям протекает стадийно, что диктует строгое соблюдение методических принципов. Первая фаза (острая акклиматизация, 1–5 дни) характеризуется повышенной возбудимостью нервной системы, нарушением сна, одышкой при минимальной нагрузке и снижением аппетита. В этот период тренировочные нагрузки должны быть минимальными по интенсивности. Вторая фаза (переходная, 6–14 дни) знаменуется стабилизацией функциональных систем, исчезновением субъективных признаков дискомфорта и началом формирования устойчивых адаптационных связей. В этот период объем нагрузок может постепенно нарастать до привычных значений. Третья фаза (устойчивая адаптация, после 15–18 дня) позволяет выполнять высокоинтенсивную работу, приближенную к соревновательной.

В современной спортивной практике используются три основные модели высотной тренировки. Традиционная модель «Live High — Train High» (LH-TH) подразумевает постоянное проживание и тренировки на высоте. Она максимально стимулирует эритропоэз, но ограничивает возможность выполнения сверхинтенсивной работы из-за нехватки кислорода.

Модель «Live High — Train Low» (LH-TL) считается наиболее прогрессивной: спортсмены живут на высоте, получая стимул для крови, но спускаются на равнину для проведения ключевых скоростных тренировок. Это позволяет сохранить мощность мышечных сокращений при повышенной кислородной емкости крови. Третья модель — использование гипоксических палаток или барокамер на равнине — имитирует условия гор, но лишает атлета дополнительных природных факторов (чистого воздуха, ландшафта).

Метаболические изменения и нутритивная поддержка в горах

Пребывание и интенсивная тренировочная деятельность в условиях высокогорья коренным образом трансформируют энергетический метаболизм атлета, переводя его на качественно иной уровень функционирования. В условиях парциального дефицита кислорода организм вынужден оптимизировать пути извлечения энергии, отдавая безусловное предпочтение углеводному обмену. Это биохимически обосновано тем, что окисление глюкозы является энергетически более выгодным процессом в условиях гипоксии: на одну произведенную молекулу аденозинтрифосфорной кислоты (АТФ) требуется значительно меньше молекул кислорода по сравнению с окислением жирных кислот. Такая метаболическая перестройка, направленная на экономию кислородного ресурса, неизбежно приводит к форсированному расходу эндогенных запасов углеводов. В результате скорость истощения мышечного и печеночного гликогена в горах возрастает в разы, что диктует необходимость резкого увеличения доли сложных и простых углеводов в рационе спортсмена для предотвращения преждевременного наступления гликогенового истощения и сопутствующего ему падения мощности.

Параллельно с интенсификацией углеводного обмена в горах фиксируется существенное повышение уровня основного обмена веществ — базального метаболизма. В условиях низкого барометрического давления организм тратит колоссальное количество энергии даже в состоянии полного покоя на поддержание работы дыхательной мускулатуры и сердечно-сосудистой системы, функционирующих в форсированном режиме. Если общая калорийность суточного рациона не будет скорректирована в сторону значительного увеличения (на 15–25% выше равнинных норм), атлет неминуемо столкнется с отрицательным энергетическим балансом. Это запускает процессы деструктивного катаболизма, при которых организм начинает использовать собственные мышечные белки в качестве альтернативного источника энергии. Неконтролируемая потеря мышечной массы в горах не только нивелирует тренировочный эффект, но и ведет к глубокой метаболической депрессии, снижению силовых показателей и замедлению процессов восстановления.

Особого, пристального внимания в системе высотной подготовки требует антиоксидантная защита клеточных структур. Сочетание интенсивного ультрафиолетового излучения (солнечной радиации) и острого гипоксического стресса провоцирует лавинообразное, избыточное образование активных форм

кислорода и свободных радикалов. Эти агрессивные молекулы запускают процессы перекисного окисления липидов, входящих в состав клеточных мембран, что приводит к дестабилизации клеток, повреждению митохондрий и нарушению работы ферментных систем. В связи с этим включение в рацион прецизионно дозированных антиоксидантных комплексов — повышенных доз витаминов С (аскорбиновой кислоты), Е (токоферола) и бета-каротина — становится не просто рекомендацией, а жестким профессиональным требованием горной подготовки. Эти нутриенты выступают в роли «ловушек» для свободных радикалов, защищая ткани от окислительного повреждения и способствуя более быстрой адаптации к агрессивным факторам среды.

Критическим аспектом выживания и продуктивной работы в горах является поддержание адекватного водно-электролитного гомеостаза. Из-за крайне низкой относительной влажности горного воздуха и разреженной атмосферы спортсмены теряют колоссальные объемы жидкости через форсированное дыхание (перспирацию) и потоотделение, причем эти потери часто происходят незаметно для самого атлета, так как пот мгновенно испаряется, не создавая ощущения влажности. Дегидратация в горах наступает скрытно и стремительно, а чувство жажды часто оказывается притупленным из-за гипоксического воздействия на центры головного мозга. Сгущение крови (гемоконцентрация) на фоне потери воды резко повышает ее вязкость, что в условиях уже имеющегося избытка эритроцитов создает смертельно опасные риски тромбоэмболических осложнений и критически перегружает сердце. Поэтому принудительный, жестко регламентированный водно-электролитный контроль с использованием изотонических растворов, обогащенных солями натрия, калия и магния, является абсолютным залогом успешной акклиматизации и сохранения жизни и здоровья спортсмена в экстремальных условиях высокогорья.

Заключение

Горная тренировка является уникальным и незаменимым инструментом в арсенале современного спорта высших достижений. Ее влияние на организм многогранно и охватывает все уровни биологической организации — от молекулярно-генетического до системно-функционального. Грамотное сочетание высотной гипоксии с научно обоснованными методами тренировки позволяет значительно расширить физиологический диапазон атлета, повысить его экономичность и выносливость. Однако сложность протекающих процессов требует от тренера и врача ювелирной точности в управлении нагрузкой и восстановлением. Только при условии соблюдения этапов акклиматизации, полноценного питания и мониторинга состояния крови горная подготовка превращается в мощный трамплин к новым спортивным рекордам, обеспечивая атлету долгосрочное преимущество на международной арене.

Литература

1. Волков Н. И. Биохимия мышечной деятельности. – М.: Спорт, 2019. – 504 с.
2. Иссурин В. Б. Блоковая периодизация спортивной тренировки. – М.: Советский спорт, 2020. – 288 с.
3. Колчинская А. З. Биологические механизмы повышения спортивной работоспособности. – К.: Олимпийская литература, 2018. – 232 с.
4. Платонов В. Н. Адаптация в спорте. – К.: Здоровье, 2021. – 416 с.
5. Полищук В. Д. Горная подготовка в циклических видах спорта. – М.: Физкультура и спорт, 2019. – 186 с.
6. Суслов Ф. П. Тренировка в условиях среднегорья как фактор повышения спортивного мастерства. – М.: ФиС, 2017. – 154 с.
7. Холодов Ж. К., Кузнецов В. С. Теория и методика физического воспитания и спорта. – М.: Академия, 2022. – 480 с.