

Механизмы действия традиционных и нетрадиционных средств повышения аэробной производительности спортсменов

Ася Колчинская
Киев, Украина

Mechanisms of action of traditional and non-traditional means for improving aerobic performance of athletes Asia Kolchynska

ABSTRACT. Objective. To substantiate the effectiveness of the use of traditional and non-traditional means for improving the aerobic performance of the athlete's body in the practice of his preparation.

Methods. The analysis of special scientific literature and the results of own research on substantiation of the use of hypoxic training to improve general and special work capacity of athletes are presented.

Results. Hypoxic training in altitude conditions became necessary in preparation for the Games of the XIX Olympics in Mexico City and subsequently became widespread in the practice of elite sport. Body adaptation to the lack of oxygen is used to improve general and special work capacity of the athlete and in artificially created conditions: in bar complexes or during the periodic inhalation of gas mixtures with decreased oxygen content. Any physical load is accompanied by a load hypoxia (hypermetabolic hypoxia) of varying degrees; therefore during sports training there is an adaptation to load hypoxia. When the athlete inhales the air with reduced partial pressure of oxygen, the body is affected by hypoxic hypoxia.

The method of interval physical training in sport became the basis for the creation of the method of normobaric interval hypoxic training (IGT), and then an unconventional combined means for improving the efficiency of the training process in sport, which includes the conduct of IGT in the face of the planned training process of the athlete. The use of combined method of training (A. Kolchinskaya, 1991) complements traditional sports training without disrupting its process.

Conclusion. The method of IGT as non-traditional combined means for improving the efficiency of the training process in sports is based on adaptation to hypoxic hypoxia and load hypoxia, has greater efficiency than their individual use, while providing a training effect on the compensatory mechanisms that will promote the development of functional respiratory system, increase of aerobic and anaerobic performance, and in combination with traditional sports training enhances general and special work capacity, contributes to the improvement of sports results.

Keywords: aerobic performance, sport, traditional altitude training, interval hypoxic training.

Механізми дії традиційних і нетрадиційних засобів підвищення аеробної продуктивності спортсменів Ася Колчинська

АНОТАЦІЯ. Мета. Обґрунтувати ефективність використання традиційних і нетрадиційних засобів підвищення аеробної продуктивності організму спортсмена в практиці його підготовки.

Методи. Представлено аналіз спеціальної наукової літератури та результати власних досліджень з обґрунтування використання гіпоксичного тренування для підвищення загальної і спеціальної працездатності спортсменів.

Результати. Гіпоксичне тренування в гірських умовах стало необхідним під час підготовки до Ігор XIX Олімпіади в Мехіко і в подальшому набуло широкого поширення в практиці спорту вищих досягнень. Адаптація організму до нестачі кисню використовується для підвищення загальної і спеціальної працездатності спортсмена і в штучно створюваних умовах: у барокомплексах або під час періодичного вдихання газових сумішей зі зниженим вмістом кисню. Будь-яке фізичне навантаження супроводжується гіпоксією навантаження (гіперметаболическою гіпоксією) різного ступеня, тому в процесі спортивного тренування відбувається адаптація до гіпоксії навантаження. Під час вдихання спортсменом повітря зі зниженим парціальним тиском кисню на організм впливає гіпоксична гіпоксія.

Метод інтервального фізичного тренування в спорті став основою для створення методу нормобаричного інтервального гіпоксичного тренування (ІГТ), а потім і нетрадиційного комбінованого засобу підвищення ефективності тренувального процесу в спорті, який включає проведення ІГТ на фоні планового тренувального процесу спортсмена. Використання комбінованого методу підготовки (за: А. З. Колчинская, 1991) доповнює традиційне спортивне тренування, не порушуючи його процесу.

Висновок. Метод ІГТ як нетрадиційний комбінований засіб підвищення ефективності тренувального процесу в спорті базується на адаптації до гіпоксичної гіпоксії і гіпоксії навантаження, має більшу ефективність, ніж окреме їх використання, надаючи при цьому тренувальний вплив на компенсаторні механізми, які сприятимуть розвитку функціональної системи дихання, підвищенню аеробної і анаеробної продуктивності, а у поєднанні з традиційним спортивним тренуванням підвищує загальну і спеціальну працездатність, сприяє зростанню спортивних результатів.

Ключові слова: аеробна продуктивність, спорт, традиційна підготовка в горах, інтервальне гіпоксичне тренування.

Аэробная производительность – один из важнейших факторов, определяющих выносливость в циклических видах спорта. Разработка критериев для ее оценки и средств для ее развития – важнейшие задачи физиологии спорта и спортивной педагогики.

Ведущим и общепризнанным критерием аэробной производительности является максимальное потребление кислорода (МПК), значение которого в обеспечении работоспособности спортсменов циклических видов спорта детально описано в 1950–1970-е годы. Методы определения МПК обсуждаются и в настоящее время [12, 13].

Кроме аэробной производительности МПК отражает и доставку кислорода к работающим тканям. Являясь ее интегральным показателем, МПК, однако, не позволяет количественно оценить скорость поступления кислорода в легкие, альвеолы, скорость транспорта кислорода артериальной и смешанной венозной кровью, не позволяет оценить эффективность поэтапной доставки кислорода к работающим тканям. Указанная оценка стала возможной в результате появления концепции [5] о системе регулирования кислородных режимов организма (КРО). Применению этой концепции в спорте способствовал предложенный нами метод и формулы для расчета скорости ($\text{мл} \cdot \text{мин}^{-1}$) и интенсивности ($\text{мл} \cdot \text{мин}^{-1} \cdot \text{кг}^{-1}$) поступления кислорода в легкие, в альвеолы, скорости его транспорта артериальной и смешанной венозной кровью, содержания и напряжения кислорода в смешанной венозной крови, то есть метод расчета основных параметров КРО [5]. КРО характеризуются не только скоростью поэтапной доставки кислорода, но и ее эффективностью, определяемой отношением скорости доставки O_2 на каждом этапе его пути в организме к скорости его потребления, а также экономичностью, о чем судят по соотношению функциональных затрат на реализацию потребления O_2 к его потреблению: по вентиляционному и гемодинамическому эквивалентам, по кислородному эффекту дыхательного цикла и по кислородному пульсу (кислородному эффекту сердечного цикла). Применение метода и формул для расчета кислородных параметров, показателей состояния функциональной системы дыхания, а также параметров режимов массопереноса и выведения из организма диоксида углерода – (CO_2) [8, 10] на ЭВМ [2, 3] способствовали совершенствованию управления процессом подготовки спортсменов высшей квалификации – членов сборных команд СССР по велосипедному спорту на шоссе и треке, по гребле на байдарке и каноэ и по другим видам спорта.

Основной задачей физиологии и педагогики спорта была и продолжает оставаться разработка средств повышения аэробной производительности, определяющейся уровнем развития и состоянием функциональной системы дыхания, включающей органы внешнего дыхания, кровообращения, дыхательную функцию крови, механизмы, обеспечивающие тканевое дыхание с их сложной нервной и гуморальной регуляцией.

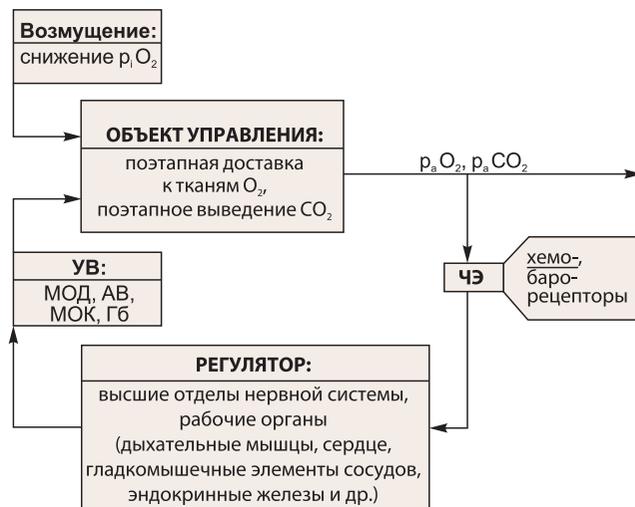


РИСУНОК 1 – Контур управления, используемый в организме по принципу отрицательной обратной связи: $p_a\text{O}_2$ – парциальное давление O_2 во вдыхаемом воздухе; ЧЭ – чувствительные элементы – рецепторы аортальной и каротидных зон; УВ – управляющие воздействия; $p_a\text{O}_2$, $p_a\text{CO}_2$ – управляемые параметры; МОД – минутный объем движения; АВ – альвеолярная вентиляция; МОК – минутный объем крови; Гб – концентрация гемоглобина

Согласно нашим представлениям, являющимся развитием концепции П. К. Анохина о функциональных системах, функциональная система дыхания, как и всякая система, имеет объект управления и регулятор (управляющую систему). Объектом управления в системе является процесс массопереноса респираторных газов в легких, кровеносных сосудах, тканевых жидкостях, в которых осуществляется массоперенос кислорода из окружающего воздуха к митохондриям, и массоперенос углекислого газа от тканей к легким и в окружающую среду. Регулятором служит нервная система с рабочими органами: дыхательными мышцами, сердцем, гладкомышечными элементами кровеносных сосудов, кроветворными органами, дыхательным аппаратом тканей.

В функциональной системе дыхания и в ее подсистеме – системе регулирования КРО для управления КРО используется несколько принципов управления.

Наиболее известным из них является управление по отклонению значения напряжения кислорода в артериальной крови ($p_a\text{O}_2$) и напряжения в ней углекислого газа ($p_a\text{CO}_2$) от их нормоксических значений – принцип управления с отрицательной обратной связью, осуществляющейся благодаря тому, что хеморецепторы аортальной и каротидных зон передают информацию о снижении $p_a\text{O}_2$ и повышении $p_a\text{CO}_2$ в дыхательный центр продолговатого мозга. Дополнительная информация об изменениях $p_a\text{CO}_2$ поступает в дыхательный центр и от рецепторов, расположенных в самом продолговатом мозге (рис. 1).

Не меньшее значение имеет и принцип управления КРО по нагрузке, являющейся возмущением для системы в целом. Сигналы о начавшейся работе поступают в кору головного мозга от механорецепторов мышц и сухожилий. От коры головного мозга возбуждение передается в дыхательный центр и от него к дыхательным мышцам.

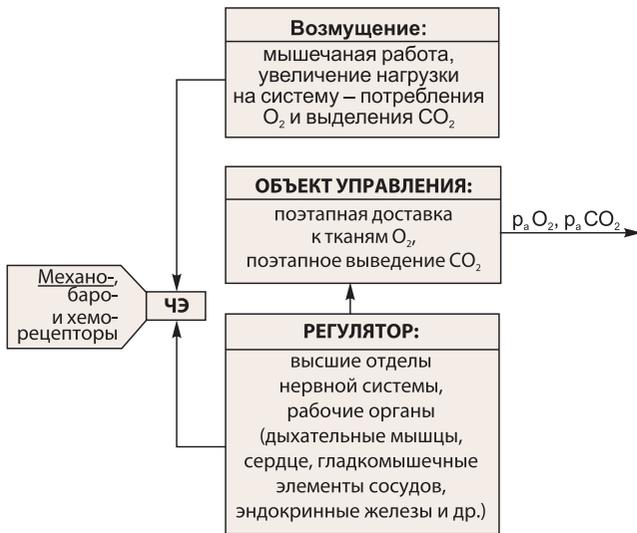


РИСУНОК 2 – Контур управления с положительной обратной связью (по возмущению – повышению нагрузки на систему дыхания: увеличения скорости потребления pO_2 и выделения CO_2)

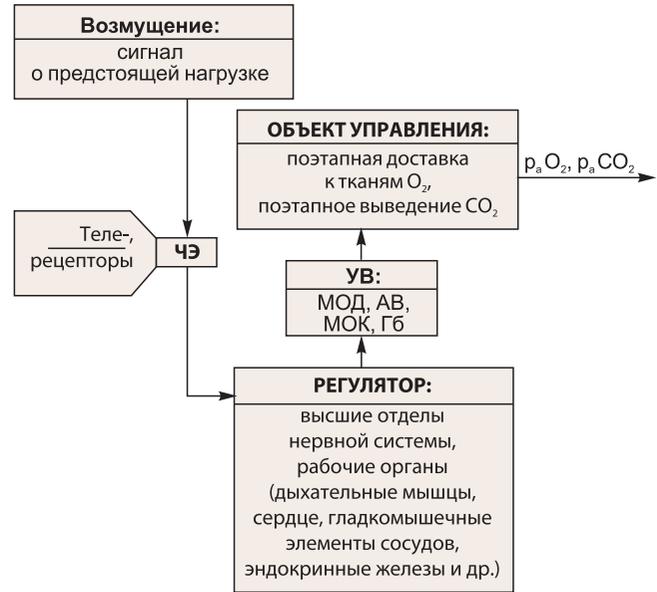


РИСУНОК 3 – Контур управления по принципу прогнозирования

Аналогично возбуждение поступает и в сердечно-сосудистый центр продолговатого мозга, в результате чего усиливаются и дыхание, и кровообращение (рис. 2).

Телерецепторы (слуховой, зрительный) передают в высшие отделы мозга информацию о грядущем возмущении (рис. 3).

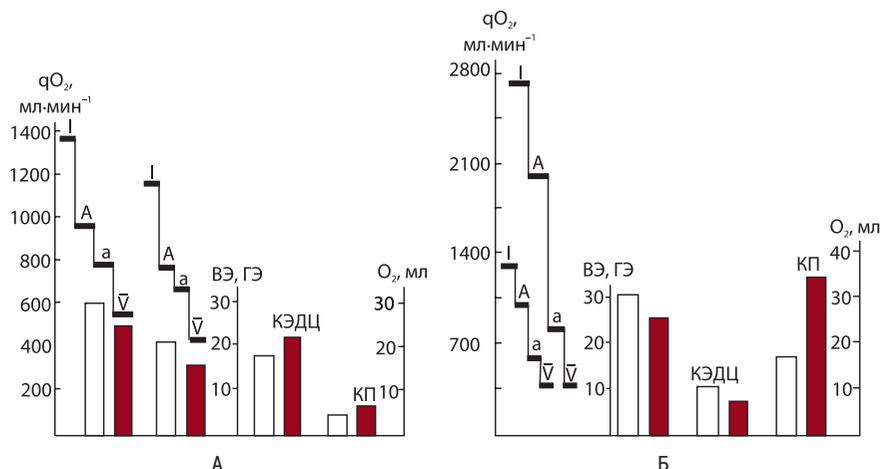
Возбуждение передается продолговатому мозгу и рабочим органам, в результате чего дыхание и кровообращение усиливаются еще до того, как начинается работа. Как показали исследования, проведенные совместно с В. С. Мищенко, у членов сборной команды бывшего СССР по велосипедному спорту на шоссе, по команде «Внимание» минутный объем дыхания увеличивается на 12–14 %, ЧСС – на несколько ударов в минуту.

Определенную роль в управлении КРО играет саморегуляция, которая происходит в тканях и клетках. Использование нескольких принципов управления обеспечивает высокую надежность и точность регулирования КРО.

Традиционным средством развития функциональной системы дыхания и повышения аэробной производительности, обуславливающим повышение работоспособности, особенно в циклических видах спорта, служит многолетняя спортивная тренировка. В результате многолетней тренировки у спортсменов циклических видов спорта почти в два раза по сравнению с нетренированными лицами увеличивается жизненная емкость легких и ее компоненты, растет резерв дыхания, повышается его эффективность и экономичность, развивается сердечная мышца, увеличивается ударный объем сердца при нагрузке с МПК, растет минутный объем крови.

Важнейшим результатом многолетней спортивной тренировки является развитие механизмов тканевого дыхания, вследствие чего повышается способность тканей утилизировать кислород, повышаются скорость его поэтапной доставки и утилизации, эффективность и экономичность КРО (рис. 4). Развитие всех компо-

РИСУНОК 4 – Скорость поэтапной доставки и потребления O_2 (скорость поступления O_2 в легкие – $q1O_2$, в альвеолы – $q4O_2$, скорость транспорта O_2 артериальной кровью – qaO_2 , смешанной венозной кровью – qvO_2), показатели экономичности КРО в условиях для определения основного обмена (□) и при нагрузке с МПК (■) у нетренированного молодого мужчины (А) и велосипедиста сборной команды бывшего СССР (Б): ВЭ – вентиляционный эквивалент; ГЭ – гемодинамический эквивалент; КЭДЦ – кислородный эффект дыхательного цикла; КП – кислородный пульс



нентов функциональной системы дыхания приводит к значительному повышению аэробной производительности и ее интегрального показателя – МПК. У спортсменов циклических видов спорта МПК достигает 82–86 мл · мин⁻¹ · кг⁻¹. Краткосрочная спортивная тренировка не оказывает, к сожалению, существенного влияния на изменения аэробной производительности. Трехнедельная спортивная тренировка (три микроцикла), особенно в начале подготовительного периода годичного цикла спортивной подготовки, не сопровождается достоверным увеличением МПК [21].

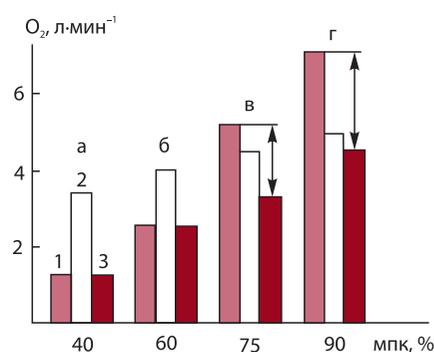
Нетрадиционным и эффективным средством повышения МПК у спортсменов высокой квалификации служит адаптация к гипоксии в процессе гипоксической тренировки, которая может проводиться в горах, в декомпрессионных комплексах.

Снижение pO_2 во вдыхаемом воздухе в зависимости от его значения по-разному влияет на эффективность легочного дыхания. Если pO_2 , в воздухе снижается до 90 мм рт. ст., то эффективность легочной вентиляции повышается, что проявляется в возрастании доли альвеолярной вентиляции в минутном объеме дыхания, повышении скорости поступления кислорода в альвеолы, увеличении диффузионной поверхности легких. Происходит это благодаря тому, что в результате увеличения дыхательного объема в газообмене воздуха с кровью начинают действовать ранее не участвовавшие в нем участки легких. Увеличению дыхательной поверхности легких способствует и повышение давления в легочной артерии, из-за чего улучшается кровоснабжение альвеол верхних зон легких, улучшаются вентиляционно-перфузионные соотношения в разных долях легких.

Повышение давления в легочной артерии происходит как благодаря увеличению общей объемной скорости кровотока, так и в результате выброса лейкотриенов тучными клетками, расположенными в дыхательных путях. Увеличение минутного объема дыхания и минутного объема кровообращения обуславливает и увеличение скорости поступления кислорода в легкие и альвеолы, транспорта кислорода кровью.

Наряду с положительным действием тренировка в горах и в барокамерах имеет существенные недостатки. В горах из-за аддитивного действия гипоксии двух типов – гипоксической гипоксии, обусловленной снижением pO_2 во вдыхаемом воздухе, и гипоксии нагрузки, сопровождающей мышечную деятельность, заметно снижается работоспособность спортсменов. Тренировка в горах даже для тех видов спорта, для которых имеются соответствующие условия, не может проводиться в полном объеме. Для многих видов спорта в горах условия для тренировки и вовсе отсутствуют.

Разрежение воздуха в барокомплексах и последующая компрессия сопровождаются неприятными ощущениями и микробаротравмами с их отдаленными последствиями. Тренировка в барокомплексах отнимает много



времени и сокращает время для специальной спортивной тренировки.

Всех этих недостатков при сохранении тренирующих функциональную систему дыхания свойств адаптации к гипоксии при простоте осуществления лишен комбинированный метод сочетания гипоксической тренировки – интервальная гипоксическая тренировка (ИГТ), проводящаяся в покое в свободное от спортивной тренировки время, и плановый, традиционный для каждого вида спорта тренировочный процесс – традиционная спортивная тренировка (ТСТ). За три микроцикла комбинированной гипоксической тренировки МПК увеличивается на 4–6 %, достоверно повышаются выносливость и работоспособность, более эффективными и экономичными становятся кислородные режимы организма в покое и во время нагрузок разной интенсивности, функциональные затраты на обеспечение работы (рис. 5). Методика проведения курса ИГТ на фоне ТСТ и объективные тесты для оценки их эффективности описаны ранее [4, 13, 16, 17, 19–21].

Физиологической основой эффективности комбинированного метода гипоксической тренировки служит адаптация к гипоксии двух типов: гипоксической гипоксии и гипоксии нагрузки.

Адаптация к каждому из этих типов имеет свои особенности. Снижение pO_2 во вдыхаемом воздухе сопровождается снижением pO_2 в альвеолярном воздухе и артериальной крови. Пониженное p_aO_2 вызывает возбуждение аортальных и каротидных хеморецепторов, синусного нерва, дыхательного и сердечно-сосудистого центров продолговатого мозга. Рефлекторно усиливаются дыхание и кровообращение, что способствует поддержанию доставки кислорода на уровне, близком к нормоксическому, и в определенных рамках снижения pO_2 во вдыхаемом воздухе препятствует снижению p_aO_2 до уровней, ниже критических. Осуществляется управление КРО по принципу регулирования с отрицательной обратной связью (см. рис. 1).

Снижение pO_2 во вдыхаемом воздухе изменяет эффективность легочного дыхания: если pO_2 в воздухе опускается не ниже 90 мм рт. ст., эффективность дыхания повышается, если же оно ниже – снижается. Обусловлено это тем, что в рамках снижения pO_2 до 90 мм рт. ст. увеличивается дыхательный объем, а с ним – дыхатель-

ная и диффузионная поверхность легких. В результате того, что при гипоксии возрастает общий кровоток, повышается давление в легочной артерии, чему еще способствует выброс лейкотриенов тучными клетками дыхательных путей при прохождении через них воздуха с низким pO_2 . Повышение давления в легочной артерии способствует лучшему кровоснабжению альвеол, улучшению вентиляционно-перфузионных отношений. О повышении эффективности дыхания свидетельствуют увеличение доли альвеолярной вентиляции в минутном объеме дыхания, повышение скорости поступления O_2 в альвеолы и в артериализированную кровь легочной вены. При pO_2 в воздухе ниже 90–80 мм рт. ст. давление крови в легочной артерии еще больше возрастает, альвеолы переполняются кровью, мембраны легочных альвеол и капилляров набухают, доля альвеолярной вентиляции в минутном объеме дыхания снижается, скорость поступления O_2 в альвеолы снижается еще больше, чем скорость его поступления в легкие. Может развиваться отек легких [15].

Снижение pO_2 во вдыхаемом воздухе вызывает не только усиление кровообращения, но и перераспределение кровотока. При гипоксической гипоксии усиливается кровоснабжение легких, головного мозга, сердца, печени.

Снижение p_aO_2 вызывает рефлекторный выброс эритроцитов из кровяных депо, что увеличивает количество гемоглобина в циркулирующей крови, повышает ее кислородную емкость и способствует поддержанию уровня содержания кислорода, близкого к нормоксическому.

Благодаря активности компенсаторных механизмов, гипоксическая гипоксия может быть компенсирована, а тканевая гипоксия – отсутствовать в тех случаях, когда pO_2 выше критического уровня (для спортсменов критическим является 50 мм рт. ст.). Тканевая гипоксия – конечный этап генеза гипоксической гипоксии. Она является первым звеном в развитии гипоксии нагрузки [1, 7, 16, 23], адаптация к которой служит одним из основных физиологических механизмов эффективности спортивной тренировки. Еще тогда, когда мышечная деятельность только начинается и гипоксия внешне не проявляется (скрытая или латентная гипоксия нагрузки по нашей терминологии), в отдельных участках мышечной ткани в результате расходования запасов АТФ и креатинфосфата, кислорода, необходимого для их восстановления при мышечном сокращении, pO_2 снижается до уровней, ниже критических (для мышцы). Проявляются все последствия тканевой гипоксии – накапливаются водородные ионы, снижается рН, осуществляется переход на анаэробный путь энергообмена, повышается содержание лактата в крови [1, 7]. Но благодаря возбуждению механорецепторов работающих мышц и сухожилий, передающемуся в кору головного мозга и нижележащие его отделы, а от них к – рабочим органам, усиливаются дыхание и кровообращение и через 15–25 с к

работающим мышцам начинает доставляться большее количество кислорода, гипоксия становится компенсированной пока скорость поэтапной его доставки будет соответствовать запросу работающих мышц (см. рис. 2). При кислородном запросе, превышающем скорость поэтапной доставки кислорода, напряжение в венозной крови понизится из-за истощения запасов кислорода до критического уровня, что отражает соответствующий критический уровень в тканях. В работающих мышцах начинает проявляться тканевая гипоксия, гипоксия нагрузки становится субкомпенсированной [1–3, 7, 10, 17, 23]. Если интенсивность мышечной деятельности повышается, то гипоксия нагрузки из субкомпенсированной превратится в декомпенсированную и станет причиной отказа от работы.

Важную роль в компенсации гипоксии нагрузки играют такие принципы управления КРО – управление по принципу прогнозирования (см. рис. 3) и по принципу саморегуляции, один из контуров которой управляет местным кровотоком, а значит, и снабжением мышц кислородом. Это происходит следующим образом. Развивающаяся тканевая гипоксия и ее последствия – снижение рН, нарушение ионного равновесия, функции кальциевых каналов, уменьшения запасов АТФ – приводят к снижению тонуса и расслаблению гладкомышечных элементов артериол, к увеличению их просветов и снижению местного сосудистого сопротивления, что способствует увеличению местного кровоснабжения.

Таким образом, состояние организма и проявления гипоксической гипоксии и гипоксии нагрузки зависят от степени гипоксии, определяющейся величиной действующего возмущения на систему дыхания (пониженного pO_2 при гипоксической гипоксии), величиной нагрузки (потребления O_2 и выделения CO_2) при гипоксии нагрузки, и от активности компенсаторных механизмов. Нами выделяются пять степеней гипоксической гипоксии: скрытая (латентная), компенсированная, субкомпенсированная, некомпенсированная и терминальная [2, 6]. М. М. Филиппов [10] и Н. И. Волков [1, 23] выделяют четыре степени гипоксии нагрузки: латентную, компенсированную, субкомпенсированную и декомпенсированную.

Учет степени гипоксии имеет большое значение при проведении курсов гипоксической тренировки, так как компенсированная и субкомпенсированная гипоксия обладают тренирующим действием, а декомпенсированная – повреждающим. Вполне возможно, что отсутствие благоприятного эффекта гипоксической тренировки в некоторых случаях и связано с тем, что степень развивавшейся у спортсменов гипоксии не учитывалась (либо ее трудно было учесть) теми, кто проводил тренировку.

Преимуществами интервальной гипоксической тренировки, кроме простоты и доступности ее осуществления в любых условиях (в том числе и в условиях

выездных тренировочных сборов), является и возможность точного дозирования гипоксических воздействий и длительности следующих за ними нормоксических интервалов. Наличие интервалов обеспечивает необходимые для биологического синтеза условия (нормальное pO_2 в работавших тканях), а сохраняющиеся во время интервалов повышенные минутные объемы дыхания, кровообращения, скорость поэтапной достав-

ки субстратов и кислорода значительно способствуют этому.

Комбинированный метод гипоксической тренировки – нормобарическая интервальная гипоксическая тренировка – простой безлекарственный и надежный метод улучшения состояния функциональной системы дыхания, повышения аэробной производительности, выносливости и работоспособности спортсменов.

■ Литература

1. Волков НИ. Энергетический запрос и градация гипоксических состояний при напряженной мышечной деятельности [Energy demand and gradation of hypoxic conditions with intense muscle activity]. В кн.: Колчинская АЗ, редактор. *Гипоксия нагрузки: Математическое моделирование, прогнозирование и коррекция*. Киев: АН УССР, Ин-т кибернетики им. В.М. Глушкова; 1990. с. 13–4.
2. Колчинская АЗ, редактор. *Вторичная тканевая гипоксия [Secondary tissue hypoxia]*. Киев: Наукова думка; 1983. 255 с.
3. Колчинская АЗ, редактор. *Гипоксия нагрузки, математическое моделирование, прогнозирование и коррекция [Load hypoxia, mathematical modeling, forecasting and correction]*. Киев: АН УССР; 1990. 101 с.
4. Колчинская АЗ, редактор. *Интервальная гипоксическая тренировка. Эффективность, механизмы действия [Interval hypoxic training. Efficiency, mechanisms of action]*. Киев: ВМС Украины; 1992. 106 с.
5. Колчинская АЗ. *Кислородные режимы организма ребенка и подростка [Oxygen regimes of the body of a child and adolescent]*. Киев: Наукова думка; 1973. 361 с.
6. Колчинская АЗ. О классификации гипоксических состояний [On the classification of hypoxic conditions]. *Паталогия физиология эсперт терапия*. 1981;4:3–10.
7. Колчинская АЗ, Лябах ЕГ, Филиппов ММ. Общие представления о гипоксии нагрузки, ее генезе и компенсации [General concepts of load hypoxia, its genesis and compensation]. В кн.: Колчинская АЗ, редактор. *Вторичная тканевая гипоксия*. Киев: Наукова думка; 1983. с. 183–91.
8. Миняйленко ТД. Изменения кислотно-основного состояния крови при гипоксической гипоксии [Changes in the acid-base state of blood during hypoxic hypoxia]. В кн.: Колчинская АЗ, редактор. *Вторичная тканевая гипоксия*. Киев: Наукова думка; 1983. с. 43–52.
9. Алтухов НД., Волков НИ, Конрад АН, Савельев ИА. Потребление кислорода и выделение «неметаболического излишка» CO_2 у человека в начальный период напряженной мышечной деятельности [Oxygen consumption and the release of «non-metabolic excess» of CO_2 in humans in the initial period of intense muscle activity]. *Физиология человека*. 1983;2:307–15.
10. Филиппов ММ. Процесс массопереноса респираторных газов при мышечной деятельности. Степени гипоксии нагрузки [The process of mass transfer of respiratory gases during muscle activity. Degrees of load hypoxia]. Колчинская АЗ, редактор. *Вторичная тканевая гипоксия*. Киев: Наукова думка; 1983. с. 197–216.
11. Филиппов ММ. Условия образования и переноса углекислого газа в процессе мышечной деятельности [Conditions for the formation and transfer of carbon dioxide in the process of muscle activity]. *Наука в олимпийском спорте*. 1994;1:73–8.
12. Шенард РД. (Sheppard RD.) Факторы, обуславливающие выносливость спортсмена [Factors determining athlete endurance]. *Наука в олимпийском спорте*. 1994;1:43–7.
13. Shakhlina LH, Zakusilo MP, Slobodyanyuk, Yugay NV, Yelizarova V. Combined interval hypoxic and spoils training effect on elite women athletes. *Hypoxia Med. J.* 1993;3:35–8.
14. Kolchinskaya A, Beloshitsky P, Radzievsky P, Monogarov V, Krasnyuk A. Extremely low PO_2 in the inspired air and load hypoxia combined effect on body oxygen regimen and working capacity. In: Reeves J, Ueda G, editors. *High-Altitude Medicine*. Sinshu: Universit y Press; 1992. p. 467–72.
15. Houston Ch. *Going High*. New York: Me Grow Hill Book; 1982. 291 p.
16. Khototlikina IV, Statcenko MB. Interval hypoxic training as a means of physical fitness and working capacity of elite rowers improvement. *Hypoxia Med. J.* 1993;3:38–40.
17. Kolchinskaya AZ. Interval hypoxic training in sports. *Hypoxia Med. J.* 1993;2:28.
18. Kolchinskaya AZ. Mechanisms of interval hypoxic training effects. *Hypoxia Med. J.* 1993; 1:5–8.
19. Latyshkevich LA, Zakusilo MP, Shakhlina LH. The efficiency of interval hypoxic training in volley-ball. *Hypoxia Med. J.* 1993;3:33–5.
20. Ryabokon IN. Rowers highest nervous activity changes in the course of interval hypoxic training. *Hypoxia Med. J.* 1993;2:28–30.
21. Radzievsky PA, Slipak TV, Polishchuk NV, Bakanichev AV. The changes of functional state and working capacity of kayak paddleis after interval hypoxic training with traditional sports training as a background. *Hypoxia Med. J.* 1993;2:30–3.
22. Шенард РД. (Sheppard R.D.) Практическая значимость максимального потребления кислорода [The practical importance of maximum oxygen consumption]. *Наука в олимпийском спорте*. 1995;1(2):39–44.
23. Volkov NI, Kolchinskaya AZ. Latent Load Hypoxia. *Hypoxia Med. J.* 1993;2:23–8.

Перепечатано из: Наука в олимпийском спорте, № 2, 1997.