

ФИЗИОЛОГИЧЕСКОЕ И МЕТАБОЛИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ АККЛИМАТИЗАЦИИ И РЕАККЛИМАТИЗАЦИИ В СРЕДНЕГОРЬЕ И РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЙ ИНДИВИДУАЛИЗАЦИИ В БЕГЕ НА СРЕДНИЕ ДИСТАНЦИИ

А.П. Исаев, В.В. Эрлих, Ю.Б. Хусаинова

Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск

Проблема адаптации (акклиматизации) спортсменов, несмотря на длинную историю, не потеряла актуальности на современном этапе развития спорта высоких и высших достижений. К тому же устоявшееся мнение о вредности для организма молочной кислоты, о ее индикаторских свойствах как критерия физической работоспособности, о роли соединительной ткани в обеспечении кровотока и интегративной деятельности организма спортсменов в целом, соотношение систем аэробного, гликолиз – молочная кислота и фосфогенной систем энергообеспечения не только по видам спорта, но и специализациям требуют уточнений.

В проблеме стресса, адаптации требуются необходимые интерпретации, новые данные. Недостаточно изучены фазы стресса при перетренированности, стадии переходных состояний, фазовый анализ и дифференциация семантик адаптации. Требуют уточнения механизмы регуляции кровотока в связи с применением технологии спектрального анализа и корректной физиологической интерпретации полученных данных. Особое место занимают исследования явлений мозгового кровообращения, молекул формоклеточных механизмов энергообеспечения органов, тканей, основных видов обмена особенно в условиях дефицита O_2 .

Ключевые слова: адаптация, акклиматизация, реакклиматизация, перераспределение функций, спортивная результативность, неравновесные состояния, среднегорье, внутренние источники, гуморально-гормональные.

Проблема акклиматизации к верхнему среднегорью (1800–1900 м) системы кровообращения и ее регуляции с помощью спектрального анализа, исключительно важна не только с фундаментальных позиций, но и позиций прикладного значения, детерминирующего спортивную результативность.

Несмотря на огромные значения метода спектрального анализа, терминологическая интерпретация флюктуаций в звеньях гемодинамики требует уточнения их семантики, согласованное с положениями нормальной физиологии и трактовок изучаемых процессов авторами и ассоциациями.

Руководствуясь современными концепциями, авторы с помощью системно-синергетического целостного подхода и биоэнергетической парадигмы, рассматриваемой с позиции медленноволновых колебаний, транслируемых биохимических и биофизических интеграций и перераспределением квантов ритмически выделяемой биоэнергии, установили, что фазный процесс адаптации предполагает наличие переходных процессов, изучение которых составляет ближайшую задачу исследований. Развитие функционального состояния возможно посредством гипо- или гипермобилизации. Усложнение генерализованных ответов, связанное

с воздействием технологий подготовки, характеризует гипомобилизацию и ее направление. В горах направление связано с мобилизацией системы с включением избыточных звеньев.

Нами изучалась ступенчатая адаптация при перемещении легкоатлетов «средневигов» (девочки, $n = 16$) в возрасте 17–21 года с нижнего в верхнее среднегорье, акклиматизация на высоте 1800 м в течение 42 дней и через 3 дня после возвращения на равнину. Спортивная квалификация представителей бега была – 16 мастеров спорта и 10 кандидатов в мастера спорта. Для диагностики применялась система MAPГ 10.01 «Микролюкс» и «Анализатор – АМР» (Харьков, Украина). В период подготовки применялись технологии концентрированного развития силовой выносливости, создания искусственной гипоксии, а также различной высотной гипоксии. Для оценки функции дыхания нами взяты в расчет дыхательные звенья револн аорты (RespX), револн грудной клетки и магистральных сосудов (RespS) и мелких сосудов (RespT).

Приезд в верхнее среднегорье вызвал по сравнению с нижним достоверное снижение следующих показателей общей мощности спектра (ОМС) гемодинамики: среднее динамическое давление –

BP ($p < 0,001$), SV – УО ($p < 0,01$), фракция выброса – EF ($p < 0,05$), амплитуда мелких револн – АТОЭ ($p < 0,001$), дыхательные волны сосудов – RespX ($p < 0,01$), RespT ($p < 0,01$). Следовательно, наблюдались совокупные сдвиги в значениях барорегуляции, функции сердца и дыхательных волн сосудов. При этом изменений середины спектра в исследовании не отмечалось. Итак, можно говорить о балансе протока и отраженных от центра присасывающих свойств периферических сосудов.

В регуляции ОМС в Киргизии доминировали гуморально-гормональные (ГГ) показатели, затем следователи симпатико-парасимпатические (S-PS), PS и корково-подкорковые механизмы. В нижнем среднегорье ранговое распределение включало: S-PS, ГГ, центральные и периферические звенья. Полученные данные у девушек в нижнем и верхнем среднегорье свидетельствуют о росте спортивной результативности вследствие доминирования ГГ регуляции [3].

В положении стоя гегемония ГГ влияний в регуляции ОМС гемодинамики сохранялась, а на второе место вышли центральные нейрогенные механизмы, S-PS и барорегуляторные. Замыкали вклад воздействий в регуляции ОМС периферические звенья PS и миогенной регуляции.

Таким образом, обследуемые были готовы к выполнению нагрузок в условиях верхнего среднегорья и выраженной невротической симптоматики не выявлялось. Однако вклад в доминирующую группу корково-подкорковых звеньев регуляции свидетельствует о напряжении функционального состояния системы кровообращения. Приоритетное положение гуморально-гормональной регуляции, по мнению Г.Н. Кассиля [4], предполагает к высокой физической работоспособности.

Через 17 дней акклиматизации было проведено 2-е обследование в позе лежа, которое определило спектр регуляции ОМС в следующем порядке: ГГ, S-PS и барорегуляторные, центральные и периферические звенья. В значениях ОМС значительно изменились: BP ($p < 0,01$), HR ($p < 0,05$), SV ($p < 0,01$), минутного объема крови – CO ($p < 0,05$), венозного возврата – FW ($p < 0,05$), амплитуды револны аорты – АТНХ ($p < 0,05$), RespX ($p < 0,01$), RespT ($p < 0,01$). Следовательно, эффективность в регуляции системной гемодинамики проявлялась с участием барорегуляции, функции сердечных звеньев и функции дыхательных волн сосудов. В пробе стоя сдвиги отмечались: BP ($p < 0,01$), HR ($p < 0,01$), SV ($p < 0,001$), CO ($p < 0,05$), FW ($p < 0,05$), АТНХ ($p < 0,01$), RespX ($p < 0,01$), RespT ($p < 0,05$). В пробе лежа вклады в регуляцию распределились: P₃, P₂, P₄, P₁. Эти данные говорят об активации S-PS и барорегуляции, ГГ, PS и в меньшей мере центральной, что физиологически оправдано. Симватность изменений амплитуд револн аорты и мелких сосудов свидетельствует о физиологических процессах.

В позе стоя ОМС кровообращения во 2-м об-

следовании изменялась значимо в следующих компонентах: BP ($p < 0,05$), HR ($p < 0,01$), SV ($p < 0,05$), EF ($p < 0,01$), FW ($p < 0,05$), АТОЭ ($p < 0,05$), RespT ($p < 0,05$). Середина спектра в обоих исследованиях достоверно не различались. В регуляции ОМС доминировали медленноволновые колебания P₃, затем следовали P₂, P₁ и замыкали факторы PS влияний (P₄). Вероятно, сдвиг в сторону преобладания вегетативной регуляции свидетельствует о напряжении. При этом значения RespX (P₄) превосходили все предыдущие. Несмотря на то, что в спектре колебаний преобладали S-PS и барорегуляторные влияния, ГГ и центральные факторы, функция сосудов, SV, FW, CO в спектре P₄ были выше данных P₁. По сравнению с нижним среднегорьем наиболее яркие проявления были в компонентах P₁: АТОЭ, EF, RespT, FW; P₂: EF, АТНХ, АТОЭ, RespT; P₃: HR, SV, CO; P₄: RespX, FW.

Можно полагать, что включение в регуляцию кровообращения звеньев корково-подкорковой регуляции вызывало активацию амплитуды и дыхательной составляющей импеданса мелких сосудов, функции сердца (сократимость, венозный возврат). Гуморально-гормональные факторы детерминировали мобилизацию сократимости миокарда, амплитуду импульсации крупных и мелких сосудов и дыхательную составляющую пульсации последних. Влияние S-PS и барорегуляторов сказалось на функции миокарда, а влияние PS – на дыхательную составляющую амплитуды аорты и диастолической волны наполнения сердца. Следовательно, по приезду в верхнее среднегорье у бегуний наблюдалось напряжение регуляторных составляющих динамического гомеостаза.

По сравнению с пробой лежа 1-го обследования во 2-м были обнаружены следующие сдвиги ОМС компонентов кровообращения векторно к увеличению: BP ($p < 0,001$), HR ($p < 0,01$), CO ($p < 0,05$), EF ($p < 0,01$), FW ($p < 0,05$), АТНХ ($p < 0,01$), АТОЭ ($p < 0,05$). Лишь один показатель RespT существенно снизился ($p < 0,01$). Следовательно, акклиматизация (17 дней) вызвала адаптивные изменения в барорегуляции, функции сердца и частично дыхательной составляющей периферических сосудов. Достоверно повысилась ОМС сократимости миокарда и диастолической волны наполнения сердца, что позволяет говорить об улучшении венозного возврата и повышении производительности сердца. Увеличились значения пульсации крупных и мелких сосудов. Приведенные факты свидетельствуют о повышении уровня общей неспецифической реактивности организма и достаточно точно отражают совокупную адаптацию функции кровообращения. Значения середины спектра в 1-х исследованиях значения середины спектра в 1-х исследованиях не обнаружили различия в нижнем и верхнем среднегорье в показателе FW диастолической волны наполнения миокарда – ($p < 0,05$).

По сравнению с пробой ортостаза в нижнем среднегорье показатели ОМС изменились векторно к повышению: BP ($p < 0,05$), HR ($p < 0,05$), EF

($p < 0,01$), FW ($p < 0,05$), на уровне тенденции RespX. Остальные компоненты ОМС гемодинамики уменьшились. Итак, можно сделать заключение об улучшении барорегуляции и функции сердца при акклиматизации в верхнем среднегорье по сравнению с нижним. Что касается распределения вкладов медленноволновых колебаний в регуляцию кровообращения, то они расположились: ГГ, S-PS и барорегуляторный, корково-подкорковые влияния и периферические.

Общая картина регуляции сохранилась, но при этом ярко проявлялся вклад следующих показателей (P_4 – P_2): RespX, FW, CO, SV. Эти данные позволяют судить о включении в регуляцию гемодинамики дыхательной сосудистой системы наряду с функцией миокарда. Различий в значениях середины спектра в нижнем и верхнем среднегорье во 2-м исследовании не обнаружено.

Создание искусственной гипоксии перед акклиматизацией в верхнем среднегорье (через 3 дня) выявило изменение уровня общей неспецифической реактивности организма обследуемых. Так, ОМС повысилась существенно по сравнению с аналогичной в нижнем среднегорье в следующих компонентах кровообращения: BP ($p < 0,05$), HR ($p < 0,01$), SV ($p < 0,05$), CO ($p < 0,001$). Остальные показатели ОМС звеньев гемодинамики снизились. Можно полагать, что факторы барорегуляции и функции сердца характеризовали приезд в верхнее среднегорье. При этом значения функции сосудов повысились на уровне тенденции. Вклад в регуляцию гемодинамики в порядке ранжирования распределил следующие уровни: S-PS и барорегуляция (P_3), ГГ (P_2), корково-подкорковый (P_1) и PS (P_4).

В нижнем среднегорье аналогичные данные расположились: P_2 , P_3 , P_1 , P_4 . Следовательно, в архитектонике регуляторных процессов в верхнем среднегорье наблюдалось вегетативное переключение и барорегуляция, гуморально-гормональные воздействия с центральнонервным и периферическим вкладами. Эти данные свидетельствуют о переходных процессах от формирующей фазы адаптации к стабилизирующей, что наблюдалось в нижнем среднегорье. Гуморально-гормональная регуляция доминировала, что свидетельствовало о наличии высокой спортивной работоспособности.

При первой задержке дыхания следующие компоненты кровообращения существенно возросли: BP ($p < 0,05$), HR ($p < 0,01$), SV ($p < 0,05$), RespT ($p < 0,05$). Значения середины спектра достоверно изменялись в показателях: BP ($p < 0,05$), ATHRX ($p < 0,05$). В регуляции кровообращения вклад факторов распределился: P_3 , P_2 , P_4 и P_1 оказывали одинаковое влияние. Отдельные компоненты P_4 : дыхательных волн сосудов (RespX, RespT, Fm) превосходили соответственно P_2 и P_1 .

Создание искусственной гипоксии во 2-м исследовании бегуний привело к увеличению ОМС BP ($p < 0,01$), HR ($p < 0,001$), SV ($p < 0,01$), CO

($p < 0,01$), EF ($p < 0,05$), FW ($p < 0,01$), RespT ($p < 0,001$).

Таким образом, спектр регуляции кровообращения сместился векторно к PS воздействиям ВНС и барорегуляции, с включением функций сердца и частично дыхательных волн сосудов. Можно сказать, что происходили перестройки в процессах регуляции динамического гомеостаза в условиях акклиматизации.

Во втором исследовании через 17 дней акклиматизации в Киргизии значения ОМС следующих компонентов кровообращения повысились: BP ($p < 0,01$), HR ($p < 0,01$), SV ($p < 0,01$), CO ($p < 0,01$), ATHRX ($p < 0,001$), RespT ($p < 0,05$), RespX ($p < 0,05$). Следовательно, распределение в ОМС свидетельствовало о включении всех спектров регуляции системы кровообращения. При этом значение середины спектра следующих показателей снизились: SV ($p < 0,05$), АТОЕ ($p < 0,05$), ATHRX ($p < 0,001$), RespT ($p < 0,05$). Вклад в регуляцию кровообращения приобрел следующее ранговое значение: ГГ (P_2), S-PS и барорегуляция (P_3), корково-подкорковая (P_1) и периферическая (P_4).

Следовательно, исследования медленноволновой колебательной активности кровообращения в условиях акклиматизации выявили мобилизационные факторы в случае неспособности одних уровней регуляции с включением других, обеспечивающих выполнение программно-целевой деятельности. Однако, как показали настоящие исследования, подключение резервных звеньев приводят к повышению «цены» акклиматизации. Мы наблюдали функциональные состояния системы кровообращения и ее регуляции с высокой степенью устойчивости с референтными границами колебаний и выходом за диапазон нормы отдельных компонентов гемодинамики при условии сохранения последовательности взаимодействия звеньев регуляции. В конечном итоге, возникает необходимость определить критерии стабильности и «цену» акклиматизации спортсменов, степень напряжения звеньев регуляции гомеостаза, адекватность системного ответа организма к средовым воздействиям (нагрузка, восстановление и совокупные факторы адаптации в горах). Выявляются состояния: физиологические, переходные пограничные, предпатологические, адекватной мобилизации и динамического рассогласования. С учетом степени напряжения процессов регуляции функциональных систем выделяют физиологические, пограничные и патологические состояния. На основании критерия адекватности системного ответа организма все состояния, по мнению В.И. Медведева [6], дифференцированы на состояние адекватной мобилизации и динамического рассогласования.

Таким образом, функциональная система акклиматизации «включает» барорегуляторы различного уровня, которые в совокупном воздействии детерминируют генерализованные процессы и

катаболизируют окислительно-восстановительные реакции, связанные с выделением квантов. Эта резонансная биоэнергия с помощью метагенетических корреляций [9], обуславливает соединительно-тканые структурные перестройки.

Известно [5], что гипоксия может поражать мозговые ткани, связанные с ВВД, и характеризуется невротической выраженностью, коррелирующей с биорегуляторами. Причина неравновесности Э. Бауэра и Д. Додсона проявляется при анализе спектральных характеристик регуляции кровообращения бегуний. Регуляция функций основана на устойчивом не равновесии и реализуется в вариативных флюктуациях между звеньями регуляции. По выраженности степень утомления тесно связана с условиями длительности пребывания в горных местностях различного уровня высоты. Сюда входят и временные реальные характеристики технологий подготовки с их качественными составляющими. В динамике физической работоспособности дифференцируются периоды оперативного покоя, мобилизации с фазами вработываемости, оптимальной работоспособности, адаптивно-компенсаторных процессов, декомпенсации, закисления, прогрессивного снижения работоспособности, изменяющиеся синхронно с фазами акклиматизации.

Спектральный анализ кровообращения, проводимый в период акклиматизации, позволял определять степень активности и напряжения обеспечивающих и базовых систем организма. Ведущим принципом интегральной оценки функционального состояния (ФС) является сопоставление изучаемых показателей с эффективностью соревновательной деятельности. Выбор системы информационных признаков ФС, формирования базы данных, введение их в систему суперкомпьютера с расчетом интегрального показателя, классификации ФС на основе алгоритмов математического анализа – это формирует матрицу наблюдений. Формализованные знания можно перевести в нормализованные единицы функционального профиля, представить в единой шкале. Это облегчает восприятие информации спортивными педагогами, поскольку они не знакомы с современной биологической и психофизиологической терминологией. Суперкомпьютер способен дать исчерпывающую информацию о прогнозируемом образе функционального состояния. Например, метод функционального шкалирования на основе дискриминантного анализа дает возможность прогнозировать функциональные состояния спортсменов. Построение функциональных профилей готовности спортсмена позволит управлять процессом спортивной подготовки занимающихся.

При физиологической акклиматизации доминируют гуморально-гормональные, вегетативные и периферические звенья регуляции кровообращения. При неудовлетворительной адаптации регуляция приобретает центрально-нервную направ-

ленность и значительное снижение ГГ, PS воздействий.

После длительного процесса подготовки в горах (42 дня) «средневики» вернули на равнину и через 3 дня отдыха было проведено изучение абсолютных формализованных характеристик кровообращения, спектральных значений их процентного распределения (табл. 1).

Как видно из табл. 1, наблюдались относительно низкие значения среднего динамического артериального давления. Показатели ЧСС находились на уровне первого обследования в среднегорье. Значения УО на равнине были ниже, чем в горах ($p < 0,05$), а фракция выброса выше ($p < 0,05$). Отмечались относительно низкие значения венозного возврата, АТНХ, АТОЕ ниже уровня контроля ($p < 0,01$). Дыхательные волны сосудов RespX был выше референтных границ ($p < 0,01$), RespS и T достоверно ниже контроля ($p < 0,05$). Что касается ОМС, то она после длительного пребывания в горах в показателях BP, HR, SV, CO, RespT превосходили результаты 1-го обследования в горах, а в остальных значениях ниже. Во втором обследовании параметры ОМС SV, EF, АТНХ, RespX, S были выше равнинных.

Значения ОМС различных звеньев гемодинамики отражают уровень адаптации отдельных функций кровообращения и механизмов ее регуляции к факторам равнины после длительного влияния горного климата. Исключительно высокие значения большинства показателей середины спектра свидетельствуют о высокой чистоте колебаний показателей кровообращения. Исключение составили значения АТОЕ, RespT. Следовательно, результаты барорегуляции, функций сердца и дыхательных волн характеризовались частотой колебаний. Условия горного климата изменяли показатели центральной и периферической регуляции кровообращения.

В условиях гипоксии и с началом ФН СрД наполнения значительно увеличивается в связи с сокращением вен под действием симпатических нервов, кривая венозного возврата смещается вверх. Давление в правом предсердии у тренированных лиц часто опускается ниже уровня покоя, так как во время БТН происходит интенсивная стимуляция сердца симпатическими нервами. Уровень метаболизма в миокарде является ведущим фактором регуляции коронарного кровотока.

В условиях покоя миокард использует главным образом СЖК для получения энергии, а не углеводы как другие ткани. При гипоксии энергообеспечение миокарда переключается на путь анаэробного гликолиза [7]. При этом следует отметить, что факторы, регулирующие давление в правом предсердии, управляют сердечным выбросом. Сократительная функция сердца зависит от поступления крови к сердцу из периферических вен. Более 60 % общего объема крови находится в венозном отделе сосудистой системы. Венозный

Таблица 1

Спектральные характеристики гемодинамики обследуемых в период реакклиматизации в позе лежа

Показатели	M±m Абсолютные значения	Power, общая мощность спектра	Середина спектра	P1, %	P2, %	P3, %	P4, %
BP – среднее давление, мм рт. ст.	79,00±2,08	16,66±2,98	0,13±0,01	31,10±1,27	43,60±1,30	15,30±1,03	19,00±0,93
Частота сердечбиений	71,00±2,33	27,45±4,63	0,08±0,01	12,80±1,20	28,60±1,87	37,70±2,13	21,20±1,90
SV – систолический объем, мл	56,25±5,33	11,75±1,97	0,11±0,01	27,53±1,53	34,40±1,33	27,92±2,83	10,10±0,83
CO – МОК, л/мин	3,99±0,13	0,12±0,03	0,13±0,01	21,50±1,07	31,70±1,27	29,90±2,00	16,90±1,07
EF – фракция выброса, %	62,60±1,93	1,72±0,20	0,13±0,01	13,80±0,80	45,40±1,30	30,20±2,07	10,70±10,85
FW – диастолическая волна, МоМ	11,75±0,75	2,24±0,25	0,11±0,01	13,59±0,85	49,71±0,98	29,40±1,97	16,99±0,87
ATHRX – амплитуда револн аорты, МоМ	12,92±1,47	5,21±0,62	0,14±0,01	20,60±1,60	38,70±1,70	27,00±3,26	13,79±0,83
АТОЕ – амплитуда револн мелких сосудов, МоМ	9,25±0,80	701,33±137,09	0,02±0,001	28,30±1,33	60,20±1,57	10,99±1,10	0,60±0,15
RespX, Гц	176,33±6,67	72,46±16,59	0,16±0,01	12,30±0,83	20,40±1,67	44,70±2,00	22,6±2,13
RespS, Гц	166,67±4,73	0,36±0,07	0,21±0,01	20,00±1,82	27,00±1,84	26,30±1,32	26,81±0,72
RespT, Гц	165,33±6,30	59,87±5,59	0,03±0,001	10,70±1,33	38,70±2,80	27,50±1,80	25,40±2,27

отдел в системе кровообращения выполняет емкостную (резервную) функцию.

Что касается регуляции гемодинамики, то в звеньях функции миокарда доминировали гуморально-гормональные (ГГ) механизмы, затем следовал вклад S-PS факторов, центрально-нервных и периферических звеньев управления. Результат барорегуляции последовательно включал ГГ, высшие отделы регуляции, S-PS и автономные звенья. Функция сосудов (АТОЕ, АТНХ) и их дыхательных волн регулировалась симватно функции сердца.

Взаимодействие между системами хеморецепции и механорецепции просматривается на примере кровеносных сосудов. Для регуляции давления и скорости кровотока исключительно важно, что эндокринный ответ эндотелия зависит также от механических сигналов, поступивших на клетки монослоя.

При повышении скорости кровотока наблюдается «напряжение сдвига» мембраны эндотелиальной клетки, в результате чего она вырабатывает NO, расширяющий сосуд [2]. Открываются

сосудистые шунты, перекрывающие кровоток по основной магистрали. При высоком АД происходит растяжение сосуда, которое также воспринимается клетками сосудистой стенки. В результате повышается синтез белков, секретируются гормоны, факторы роста и коллаген, усиливается деление клеток. Все это происходит за счет возбуждения так называемых «рецепторов растяжения».

Нейромоторная активация и многочисленные гормональные и механические сигналы регулируют с помощью секреции внутрисосудистых гормонов активность близлежащих клеток сосудов. Эти клетки, в свою очередь, могут не только сокращаться и расслабляться, определяя тем самым величину АД, но также секретируют гормоны и факторы роста, влияющие на функциональное состояние снабжаемых кровью органов и клеток крови и эндотелия [2].

Г.Н. Мгедлишвили открыл неизвестное ранее явление регуляции мозгового кровообращения магистральными и пиальными артериями. При изменении системного артериального давления в орга-

Интегративная физиология

низме регуляция осуществляется наиболее магистральными артериями мозга (внутренней сонной и позвоночной артерией), а управление микроциркуляции мозговой ткани происходит с помощью мелких пиальных артерий. Автор установил, что чем больше сужаются приводящие артерии, тем меньше эритроцитов и больше плазмы крови содержится в крови местного капиллярного кровотока. В скелетных мышцах, печени, почках, миокарде, головном мозге интенсивность микроциркуляции меняется более или менее равномерно в органе в целом. Благодаря биологической активности биорегуляторов (эритроцитов, лейкоцитов) обеспечивается формирование внутренних энергетических источников, ответственных за отклик организма на соответствующие воздействия. При этом местный кровоток усиливается в ответ на повышение активности процессов метаболизма мозговой ткани.

В позе лежа при околопредельной задержке дыхания совокупные звенья гемодинамики и ее регуляции представлены в табл. 2, из которой видно, что результат барорегуляции (BP) при задержке дыхания снизился существенно ($p < 0,05$). При этом звенья функции сердца подвергались ГГ фак-

торам, затем последовательно S-PS, нейрогенные и периферические звенья. Что касается функции сосудов (АТОЕ, АТНХ), то их регуляция была аналогична регуляции функций сердца. Значения дыхательных волн сосудов (звенья RespT и T) повысились достоверно по сравнению со значениями в положении лежа. В регуляции дыхательных волн сосудов доминировали ГГ и центрально-нервные факторы, затем следовали S-PS и периферические звенья. Следует подчеркнуть, что у бегуний проявлялось после спуска с гор доминирование гуморально-гормональной, S-PS активности, нейрогенных механизмов и на последнем – периферических звеньев.

Роль ортостаза в повседневной жизни человека исключительно велика. В спорте в зависимости от специфики вида, специализации этот фактор адаптации проявляется по-разному. Горный климат также оказывает влияние на кардиореспираторную систему (сердце, сосуды, дыхательные волны) существенное воздействие. В табл. 3 представлены изучаемые абсолютные значения и результаты спектрального анализа бегуний.

Сравнение показателей в горизонтальном положении и вертикальном не выявило различий

Таблица 2

Результаты барорегуляции, функции сердца, сосудов и их дыхательных волн

Показатели	M±m Абсолютные значения	Power, общая мощность спектра	Середина спектра	P1, %	P2, %	P3, %	P4, %
BP – среднее давление, мм рт. ст.	74,00±1,98	16,66±2,98	0,13±0,01	20,20±1,10	35,90±1,93	25,00±1,73	18,70±1,03
Частота сердцебиений	79,00±2,06	31,70±3,53	0,08±0,01	17,60±1,27	44,10±2,33	32,20±2,80	6,20±0,40
SV – систо- лический объем, мл	61,50±2,17	9,90±1,97	0,13±0,01	18,90±0,80	39,50±1,43	29,90±1,53	11,90±0,83
CO – МОК, л/мин	4,86±0,62	0,04±0,01	0,14±0,01	19,11±0,87	32,22±1,60	29,44±1,40	19,92±1,20
EF – фракция выброса, %	63,00±1,99	0,86±0,10	0,13±0,01	15,00±0,73	39,56±1,70	32,78±2,27	11,67±0,83
FW – диасто- лическая волна, МоМ	7,20±0,80	2,40±0,25	0,11±0,01	22,10±0,97	33,30±0,97	31,70±1,43	13,00±0,85
АТНХ – амплитуда револн аорты, МоМ	12,92±0,67	5,21±0,62	0,15±0,01	17,00±1,83	39,20±1,67	27,30±1,97	16,80±0,89
АТОЕ – амплитуда револн мел- ких сосудов, МоМ	10,20±0,80	805,90±136,02	0,14±0,01	38,40±1,67	54,50±1,47	6,80±1,70	0,30±0,10
RespX, Гц	185,80±4,73	69,89±16,59	0,18±0,01	12,60±0,83	19,50±0,85	33,80±1,53	34,00±1,97
RespS, Гц	180,00±6,67	0,36±0,07	0,21±0,01	25,30±0,93	27,60±1,70	24,50±0,67	22,50±0,49
RespT, Гц	177,60±3,80	70,09±9,88	0,03±0,001	34,00±1,60	46,80±0,89	15,50±2,00	3,70±0,67

в среднем динамическом давлении ОМС, FM. Существенно не изменились значения частотных характеристик спектрального анализа. Величина ЧСС (HR) при ортопробе доходила до верхнего уровня референтных границ ($p < 0,01$).

Существенно повысились параметры ОМС ($p < 0,01$), P₁ и P₂ ($p < 0,05$) и снизились достоверно P₄ ($p < 0,01$). Значения УО (SV) не изменились, а ОМС достоверно повысились ($p < 0,001$). Сместились регуляторные процессы к доминированию S-PS регуляции, затем следовали ГГ, нейрогенные и периферические факторы.

Сравнение с контролем выявило существенно более высокие значения RespX и почти одинаковые показатели RespS и RespT.

Значения МОК, ОМС существенно повысились при ортопробе ($p < 0,05$), а середины спектра незначительно. В регуляции СО доминировали S-PS факторы, затем следовали ГГ, автономные мышечные механизмы им центрально-нервные. Показатели EF снижались, но не достоверно. Наблюдалось резкое повышение ОМС ($p < 0,01$) и некоторое снижение FM. В регуляции преобладали S-PS и ГГ факторы, затем следовали надсегментарные нейрогенные и периферические. Показате-

ли FW, ОМС существенно повысились при вставании ($p < 0,01$), незначительно увеличилась середина спектра. В регуляции FW доминировали S-PS факторы, затем последовательно шли со снижением роли ГГ, периферические и нейрогенные звенья. Достоверно увеличились значения АТНХ ($p < 0,05$), ОМС ($p < 0,001$), незначительно FM. В регуляции АТНХ последовательно расположились показатели надсегментарные, S-PS, ГГ и автономные миогенные. Наблюдалось увеличение амплитуды револны АТОЕ ($p < 0,05$), снижение ОМС ($p < 0,001$). На этом фоне повышались FM, но не достоверно. Последовательность вклада в регуляцию АТОЕ следующая: S-PS, периферия, ГГ и центральные факторы регуляции.

Спектральные пики дыхания (RespX), ОМС достоверно ($p < 0,01$) повышались в периоде реакклиматизации. Наблюдалось снижение значений середины спектра. Регуляция RespX приобрела доминирующую S-PS и периферическую направленность, затем следовали ГГ и корково-подкорковые факторы. Дыхательная волна сосудов (RespS) также существенно повышалась при ортопробе ($p < 0,05$), а ОМС достоверно не изменялась. Достоверно повысились показатели FM ($p < 0,05$).

Таблица 3

Значения гемодинамики в условиях применения функциональной пробы ортостаза в период реакклиматизации

Показатели	M±m Абсолютные значения	Power, общая мощность спектра	Середина спектра	P1, %	P2, %	P3, %	P4, %
BP – среднее давление, мм рт. ст.	74,18±1,75	16,07±1,76	0,13±0,01	32,30±1,00	44,80±1,36	13,00±0,85	10,00±0,83
Частота серд- цебиений	91,67±4,80	93,33±6,93	0,09±0,01	17,40±1,27	35,30±2,30	36,20±1,93	11,10±1,57
SV – систоли- ческий объем, мл	57,08±4,00	78,84±4,92	0,12±0,01	16,00±1,23	31,00±1,43	38,10±1,73	14,90±1,50
СО – МОК, л/мин	5,23±0,46	1,20±0,24	0,14±0,01	11,70±0,83	25,60±1,17	41,40±1,43	21,30±1,53
EF – фракция выброса, %	57,30±1,83	2,93±0,28	0,11±0,01	14,48±0,87	36,55±1,20	39,86±1,87	9,10±0,83
FW – диасто- лическая вол- на, МоМ	14,17±0,92	2,35±0,19	0,12±0,01	19,00±1,19	21,10±1,17	44,70±1,97	15,90±1,33
АТНХ – амплитуда револн аорты, МоМ	17,25±2,30	51,18±4,93	0,15±0,01	27,82±2,03	34,33±1,83	25,50±1,93	12,75±1,33
АТОЕ – амплитуда револн мел- ких сосудов, МоМ	11,00±0,53	39,33±3,90	0,04±0,001	7,50±0,83	8,50±0,88	40,40±3,10	43,60±3,23
RespX, Гц	200,80±8,30	793,61±62,83	0,19±0,01	13,00±0,96	20,16±1,02	36,92±3,10	30,92±3,33
RespS, Гц	180,00±6,67	0,33±0,07	0,24±0,001	10,86±1,12	36,62±1,74	30,20±1,93	21,22±1,94
RespT, Гц	196,60±7,30	27,04±9,03	0,08±0,01	12,80±1,10	35,60±1,77	30,20±1,93	21,60±1,94

Вклад факторов регуляции был аналогичен предыдущему (RespX). Наиболее существенное повышение параметров RespT при воздействии пробы выявлялось на равнине ($p < 0,01$). Это происходило на фоне снижения ОМС ($p < 0,01$) и увеличения FM ($p < 0,01$). В регуляции RespT преобладали ГГ, затем следовали S-PS, автономные периферические и корково-подкорковые. Полученные результаты позволяют говорить о значительной роли мелких сосудов при реакклиматизации и их вкладе в системообразующую интегративную деятельность организма спортсменов.

Переходные процессы проявляются не только в динамических ситуациях, но и долговременной ступенчатой акклиматизации, возвращении на равнину, обеспечивая интегративную деятельность организма обследуемых. В отдельных звеньях кровообращения: МОК, EF, FW, АТОЕ, RespX регуляция векторно сместилась к S-PS факторам. Следовательно, произошли сдвиги при ортопробе в регуляции функции сердца, мелких сосудов и дыхательных волн сосудов. Остальные звенья системы кровообращения подвергались гуморально-гормональным воздействиям. Центральная регуляция преобладала в показателях ВР, HR, EF, АТННХ по сравнению с периферической. Можно полагать, что доставка пульсовой волны к периферии последовательно оценивалась по амплитуде пульсации импеданса в аорте (АТННХ и АТОЕ). Последний отражает не столько пульсацию притока, сколько оттока в результате сдвигов резистивности функции венул [1]. Можно полагать, что изменение функционального и метаболического состояния шло по пути гипо- и гипермобилизации, исходя из условий горного климата и средовых воздействий места постоянного проживания, а также применяемых мышечных и психоэмоциональных воздействий (контрольные тренировки, соревнования, создание искусственной гипоксии). Нами выявлены переходные процессы, флюктуации звеньев регуляции, неравновесные состояния. Перераспределение функций по звеньям системы кровообращения при воздействии факторов среды

вызывает сдвиги кровотока. Малый круг кровообращения играет большую роль в интегративной деятельности системной гемодинамики, выполняющей ключевую роль в кислородтранспортной и энергетической функции организма.

Объем крови в легких составляет 450 мл, т. е. 9 % от общего объема крови. Кровоток в легких равен сердечному выбросу (СВ). В легких осуществляется автоматический контроль за распределением кровотока, а градиенты гидростатического давления в легких оказывают влияние на их региональный кровоток. Во время БТН кровоток увеличивается во всех участках легких. В верхней части легких такое повышение может достигать 700–800 %, а в нижней части лишь 200–300 %. Это детерминировано давлением в сосудах легких во время нагрузки и регуляции в верхушках легких идет по типу три [2].

Литература

1. Астахов, А.А. Физиологические основы биоимпедансного мониторинга гемодинамики с помощью системы «Кентавр»: учеб. пособие для анестезиологов / А.А. Астахов. – Челябинск: Изд-во «Микролюкс», 1996. – 161 с.
2. Гайтон, А.К. Медицинская физиология / А.К. Гайтон, Дж.Э. Холл. – М.: Логосфера, 2008. – 1256 с.
3. Кассиль, Г.Н. Внутренняя среда организма: моногр. / Г.Н. Кассиль. – М.: Наука, 1983. – 225 с.
4. Мамонтова, М.В. Влияние гипоксии на структурно-функциональное состояние мембран эритроцитов новорожденных: автореф дис. ... канд. мед. наук / М.В. Мамонтова. – Минск, 1990. – 25 с.
5. Медведев, В.И. Адаптация: моногр. / В.И. Медведев. – СПб.: Институт мозга человека РАН, 2003. – 584 с.
6. Рафф, Г. Секреты физиологии / Г. Рафф; пер. с англ.; под общ. ред. Ю.В. Наточина. – М.: СПб.: Изд-во Бином: Невский диалект, 2001. – 448 с.
7. Шмальгаузен, Н.И. Пути закономерности эволюционного процесса: моногр. / Н.И. Шмальгаузен. – М.: Наука, 1983. – 360 с.

Поступила в редакцию 29 августа 2012 г.