

**Высочин Юрий Васильевич**, доктор медицинских наук, профессор кафедры физического воспитания Санкт-Петербургского государственного технологического университета растительных полимеров, г. Санкт-Петербург, Россия

**Гордеев Юрий Владимирович**, доцент кафедры физической культуры и спорта Санкт-Петербургского государственного университета, г. Санкт-Петербург, Россия

**Денисенко Юрий Прокофьевич**, доктор биологических наук, зав. кафедрой теории и методики спортивных игр Набережночелнинского института социально-педагогических технологий и ресурсов, г. Набережные Челны

**Яценко Леонид Григорьевич**, кандидат педагогических наук, зав. кафедрой физического воспитания Санкт-Петербургского государственного технологического университета растительных полимеров, г. Санкт-Петербург, Россия

## ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ МЕХАНИЗМЫ УСТОЙЧИВОСТИ ОРГАНИЗМА СПОРТСМЕНОВ В ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ

**Аннотация:** Проблемы устойчивости к физическим перегрузкам в экстремальных условиях спортивной деятельности относятся к числу наиболее актуальных проблем современной спортивной физиологии и медицины. Благодаря параллельному взаимодействию локомоторной функциональной системы и тормозно-релаксационной функциональной системы защиты организму удается одновременно и эффективно решать две чрезвычайно сложные задачи: удовлетворение социально- и биологически значимой доминирующей потребности.

**Ключевые слова:** экстремальные условия, функциональная система защиты, скорость расслабления мышц, физическая работоспособность, центральная нервная система.

Проблемы устойчивости к физическим перегрузкам в экстремальных условиях спортивной деятельности относятся к числу наиболее актуальных проблем современной спортивной физиологии и медицины. Отсутствие достаточных знаний в этой области служит серьезным препятствием на пути решения целого ряда других не менее важных проблем, прежде всего проблем профилактики спортивного травматизма и заболеваемости, интенсификации тренировочного процесса и повышения его эффективности, а также разработки новейших спортивно-оздоровительных технологий. Изучая проблему устойчивости человека в экстремальных условиях деятельности, В. И. Медведев [1, с. 23-27] одну из главных причин её огромной актуальности видел в том, что деятельность человека всегда носит общественный характер и ее целевая направленность может резко отличаться от целевой направленности биологических защитных реакций.

*Современные представления о механизмах тормозно-релаксационной функциональной системы защиты организма от экстремальных воздействий.* Современная наука располагает и множеством других фактов, свидетельствующих о чрезвычайно высокой вариативности индивидуальной устойчивости человека к различным факторам окружающей среды. Вместе с тем физиологические механизмы этого явления, как и физиологические механизмы, лежащие в основе экстремного

повышения физической работоспособности, или «феномена второго дыхания», долгое время оставались малоизученными и наиболее сложными для интерпретации с позиций целостного организма.

Реальная возможность их расшифровки появилась после того, как в процессе многолетних исследований Ю.В. Высочиным [2] было выявлено существование релаксационного механизма срочной адаптации, которое затем было названо релаксационным механизмом срочной мобилизации защиты (РМСЗ) организма от экстремальных воздействий [3]. Суть этого механизма заключается в том, что на фоне гипоксии, возникающей при интенсивных физических нагрузках, происходят активизация тормозных систем ЦНС и снижение ее возбудимости, резкое уменьшение количества следовых потенциалов последствия в биоэлектрической активности расслабляющихся мышц, т.е. нормализация процесса расслабления и существенное повышение его скорости. Экспериментально доказано, что активизация РМСЗ обеспечивает возникновение эффекта экстренного повышения работоспособности. Установлено также, что по функциональной активности, или мощности РМСЗ, все испытуемые подразделяются по крайней мере на три типа (с высокой, средней и низкой) и что именно величина активности РМСЗ, оцениваемая по степени прироста в скорости произвольного расслабления мышц (СПР), предопределяет индивидуальный уровень устойчивости организма при срочной адаптации к физическим нагрузкам и другим факторам среды [4].

Дальнейшие исследования в этом направлении, а также анализ экспериментальных данных с позиций теории функциональных систем П. К. Анохина [5, с. 46-48] привели к заключению, что РМСЗ, оказывающий прямое влияние на сложнейшие внутрисистемные и межсистемные взаимоотношения процессов, которые предопределяют в конечном итоге общий коэффициент полезного действия систем организма, уровень физической работоспособности и устойчивости к экстремальным воздействиям, следует отнести к категории функциональных систем под названием неспецифическая «тормозно-релаксационная функциональная система срочной адаптации и защиты» (ТРФСЗ) организма от экстремальных воздействий [6].

ТРФСЗ, с точки зрения теории функциональных систем, как и любая другая ФС, включает в себя все основные центральные и периферические механизмы: Одним из главных системообразующих факторов ТРФСЗ является тканевая гипоксия, а положительный результат ее деятельности заключается в поддержании нормальных соотношений важнейших гомеостатических констант ( $O_2$ - $CO_2$ ) в организме. Исходя из этого, ТРФСЗ можно отнести к категории антигипоксических функциональных систем. К настоящему времени накоплено достаточно сведений о комплексах антигипоксических реакций. Описаны и гомеостатические функциональные системы обеспечения потребностей организма в кислороде, а также общая функциональная система гомеостаза [7, 8]. Вместе с тем ТРФСЗ имеет ряд принципиальных и существенных отличий от других ФС гомеостатической регуляции.

Согласно описаниям А. Н. Медеяновского [7], ведущими компонентами (эффекторами) ФС кислородного обеспечения являются сердечно-сосудистая и дыхательная системы, а конечный положительный результат (антигипоксический эффект) достигается главным образом за счет интенсификации деятельности этих эффлекторов (увеличение объема вдоха, частоты дыхания, ударного объема сердца,

частоты сердечных сокращений - ЧСС, артериального давления и т.д.). Основной принцип их работы - интенсификация деятельности эффекторов.

В ТРФСЗ, наоборот, главный рабочий принцип- экономизация энергетических затрат и функций эффекторов, а в качестве ведущих компонентов выступают тормозные системы ЦНС и релаксационные процессы нервно-мышечной системы. При этом деятельность ТРФСЗ не определяется ни сердечнососудистой, ни дыхательной системами, т. е. теми мощными эффекторами, которые играют решающую роль в функциональных системах гомеостаза. Более того. как показали исследования Ю. В. Высочина [4] и наши собственные [6, 9], при активизации ТРФСЗ функциональная нагрузка на системы энергообеспечения мышечной деятельности даже уменьшается, о чем свидетельствует снижение уровня ЧСС, дыхания, артериального давления, содержания в крови лактата, креатинина и стрессорных гормонов. Тем не менее, благодаря большому экономизирующему эффекту резко возрастает интегральный коэффициент полезного действия организма и существенно повышается физическая работоспособность. Третье существенное отличие состоит в особенностях взаимодействия ТРФСЗ с другими функциональными системами.

*Тормозно-релаксационная функциональная система защиты организма при спортивной деятельности.* В своих исследованиях Ю.В. Высочин [5] установил, что в отличие от известных ФС гомеостаза ТРФСЗ, не вступая в конкурентную борьбу за эффекторы, может параллельно взаимодействовать с другими доминирующими ФС и существенно повышать эффективность их деятельности. Это положение, на наш взгляд, служит важным дополнением и развитием классической теории ФС. Оно позволяет описать сложные причинно-следственные взаимоотношения, основанные на принципах параллельного взаимодействия между мощной локомоторной функциональной системой (ЛФС), формирующейся для удовлетворения доминирующей социально значимой потребности (например, победы в соревнованиях), и ТРФСЗ, формирующейся для устранения нарушений гомеостаза, неизбежно возникающих при интенсивной мышечной деятельности, то есть для удовлетворения не менее значимой биологической потребности.

С возникновением доминирующей социальной мотивации (победить в соревнованиях) в соответствии с основными узловыми стадиями «центральной архитектоники» формируется ЛФС и «включается» готовая, или так называемая старая, сложившаяся в процессе онто- и филогенеза программа. Основной принцип этой программы - интенсификация деятельности всех эффекторов ЛФС. При этом регистрируется повышение возбудимости ЦНС, резко возрастает интенсивность функционирования нейроэндокринной, нервно-мышечной, сердечно-сосудистой, дыхательной и терморегуляционной систем. Вследствие огромных энерготрат, повышенного потребления кислорода и интенсивного метаболизма нарастают явления ацидоза, тканевой гипоксии и гипоксемии. В мышцах накапливаются молочная кислота и недоокисленные продукты обмена. Возникают явные признаки нарастающего утомления и снижения работоспособности. На этой стадии, характеризующейся существенными нарушениями гомеостаза, информация о которых от «рецепторов результата» по каналам «афферентной обратной связи» поступает в ЦНС, возможны два крайних, совершенно различных как по

содержанию, так и по эффективности пути достижения конечной цели - победить в соревнованиях (социальная потребность) и сохранить свою жизнь (биологическая потребность). Каждый из этих путей предопределяется прежде всего степенью функциональной активности или мощности ТРФСЗ у того или иного спортсмена.

У спортсменов с низкой активностью ТРФСЗ организм пытается ликвидировать нарушения гомеостаза и гипоксию за счет дальнейшего повышения возбудимости ЦНС и наращивания интенсивности функционирования кислородтранспортных систем. Однако, как показали наши исследования [10, 11], этот путь крайне нерентабелен и неэффективен в силу целого ряда причин, объединяющихся в своего рода замкнутый порочный круг, одним из важных звеньев которого является повышенный уровень возбуждения ЦНС.

Повышенная возбудимость ЦНС и значительная иррадиация возбуждения в моторной зоне коры головного мозга, возникающая вследствие первичной или вторичной (относительной) слабости тормозных систем, характерная для спортсменов с низкой активностью ТРФСЗ, сопровождается явлениями, известными под названием «психоэмоциональная напряженность». Для этого состояния характерен гипертонус, т.е. достаточно сильно выраженное напряжение работающих и неработающих мышц, также приводящий к большим энерготратам, большому потреблению кислорода неработающими мышцами и еще большим нарушениям координации и биомеханической структуры (техники движений).

Еще большая интенсификация деятельности кислородтранспортных систем в этих условиях неэффективна, поскольку сердце не в состоянии быстро проталкивать кровь через медленно расслабляющиеся мышцы, которые к началу очередного цикла сокращения еще могут иметь более или менее выраженную степень напряжения (в зависимости от частоты ритмических сокращений и скорости расслабления) и значимо улучшить кровоснабжение.

Таким образом, очевидно, что на фоне огромных, причем бесполезных, энерготрат и низкой скорости восстановления энергетических ресурсов организм не в состоянии более или менее длительно поддерживать высокий уровень физической работоспособности. Прогрессивно нарастают явления ацидоза, гипоксии, накопления недоокисленных метаболитов, ухудшаются сократительные и релаксационные характеристики мышц, снижается работоспособность.

Следует отметить также, что у 80-90% спортсменов этой категории регистрируются различного рода перенапряжения, травмы и заболевания опорно-двигательного аппарата, дистрофия миокарда, нарушения ритма и гипертрофия сердца [3, 10].

Совершенно иначе причинно-следственные взаимоотношения физиологических процессов во время напряженной мышечной деятельности развиваются у спортсменов с высокой активностью ТРФСЗ с того момента, когда соответствующие «рецепторы результата» зафиксировали нарушения гомеостаза. Информация о нарушениях гомеостаза по нервным и гуморальным каналам афферентной обратной связи поступает в ЦНС. Здесь происходит «афферентный синтез» и «на основе механизмов памяти и мотивации принимается решение» о переходе на новую, более совершенную и экономичную программу регуляции функций, предусматривающую необходимость формирования ТРФСЗ для удовлетворения биологически значимой потребности (восстановление гомеостаза) и

ее параллельное взаимодействие с уже активно функционирующей ЛФС, обеспечивающей удовлетворение социально значимой потребности.

Активизация тормозных систем приводит к снижению уровня возбуждения в ЦНС и быстрой ликвидации отрицательных последствий повышенной возбудимости. Во-первых, снижаются психоэмоциональная напряженность и гипертонус скелетных мышц. В результате улучшаются регуляция, координация, биомеханическая структура (техника) движений и, естественно, возрастают их экономичность и эффективность. Снижение гипертонуса приводит к уменьшению энергозатрат и потребления кислорода неработающими группами мышц. Вследствие этого большее количество кислорода поступает в активно работающие мышцы и уменьшается его дефицит, т.е. тканевая гипоксия. При этом уменьшаются запрос и функциональная нагрузка на сердечно-сосудистую и дыхательную системы, чем, в свою очередь, обеспечивается дополнительная экономия энергетических ресурсов.

Во-вторых, при активизации тормозных систем ЦНС происходят нормализация процесса расслабления скелетных мышц и существенное повышение его скорости. Благодаря повышению скорости произвольного расслабления (СПР) мышц появляется альтернирующий ритм активности мышц-антагонистов, увеличиваются паузы отдыха между очередными мышечными сокращениями, улучшаются кровоснабжение работающих мышц и доставка к ним кислорода. Это, в свою очередь, сопровождается снижением запроса к кислородтранспортным системам и соответственно к интенсивности их деятельности (снижаются АД, ЧСС, частота дыхания и т.д.), что создает дополнительную экономию энергетических ресурсов.

При обобщении совокупности литературных и наших экспериментальных данных удалось определить главное стратегическое направление в решении проблемы повышения эффективности подготовки спортсменов - всестороннее совершенствование релаксационных характеристик мышц и целенаправленное формирование релаксационного типа долговременной адаптации (РТА). И как следствие - обосновать основные пути и принципы построения специальной релаксационной подготовки, направленной на повышение эффективности тренировочного процесса на всех этапах становления спортивного мастерства. Под эффективностью двигательной деятельности мы понимаем достижение наивысших уровней специальной физической работоспособности (СФР) при полном сохранении и улучшении состояния здоровья спортсменов.

Исходя из этого, была очевидной необходимость поиска принципиально новых путей для одновременного решения этих двух сложнейших и, по мнению многих исследователей, почти несовместимых проблем - проблемы достижения наивысших уровней СФР и проблемы сохранения и улучшения здоровья спортсменов, объединённых нами в одну общую проблему - повышения эффективности двигательной деятельности человека.

В связи с этим нами были разработаны основные принципы построения комплексной системы специальной релаксационной подготовки. Поскольку функциональная активность (мощность) ТРФСЗ лимитируется повышенной возбудимостью ЦНС, то прежде чем приступать к использованию средств, активизирующих включение механизмов защиты (ТРФСЗ), необходимо нормализовать баланс нервных процессов и функциональное состояние ЦНС. Это

первый важный принцип релаксационной подготовки. Второй принцип заключается в том, что для активизации ТРФСЗ, приводящей к экстремальному повышению СПР мышц, необходимо использовать не только интенсивные физические нагрузки анаэробного или смешанного характера, но и их сочетания с другими адаптогенными факторами. При использовании релаксационной подготовки мы посчитали целесообразным использовать именно те факторы и средства, которые вызывают активацию (включение) ТРФСЗ и соответственно повышение СПР мышц, а значит, и целенаправленного формирования РТДА.

Благодаря широкому поиску, в нашем распоряжении к настоящему времени помимо традиционных физических нагрузок имеется довольно большой арсенал таких средств: естественная высотная гипоксия среднегорья; искусственная гипоксия, моделируемая в барокамерах локального и общего действия, при задержках дыхания или вдыхании газовых смесей, обедненных кислородом; экзогенная гипертермия в парной и суховоздушной бане-сауне; электростимуляция и вибрация мышц; различные виды ручного и точечного массажа. Достаточно эффективны для совершенствования тормозных систем ЦНС и миорелаксации приемы психорегуляции и саморегуляции, специальные релаксационные упражнения, приёмы биологической обратной связи и т.д., а также некоторые фармакологические препараты, не относящиеся к категории допингов.

Под воздействием широкого спектра адаптогенных факторов, активизирующих ТРФСЗ, сначала происходит кратковременное (после каждого воздействия), а затем стойкое (при длительном использовании) повышение СПР мышц и формирование РТДА. Этим обеспечивается одновременное достижение наилучшего конечного результата одновременно по всем критериям эффективности и адаптированность сложных биологических систем: 1) высокий уровень экономичности энергетических затрат; 2) высокая скорость восстановительных процессов; 3) высокий уровень устойчивости к физическим и психоэмоциональным перегрузкам; 4) сохранение здоровья и спортивного долголетия; 5) высокий уровень физической работоспособности и технического мастерства спортсменов.

Таким образом, благодаря параллельному взаимодействию локомоторной функциональной системы и тормозно-релаксационной функциональной системы защиты организму удастся одновременно и эффективно решать две чрезвычайно сложные задачи: удовлетворение социально значимой (победа в соревнованиях) и биологически значимой (восстановление гомеостаза) доминирующей потребности. При этом важнейшим рабочим механизмом, осуществляющим практическую реализацию защитной функции ТРФСЗ, является активизация тормозных систем ЦНС и повышение скорости произвольного расслабления мышц [5]. Из представленных данных можно с полным основанием заключить, что именно активизация (включение) тормозно-релаксационной функциональной системы срочной адаптации и защиты организма от экстремальных воздействий и её мощность, оцениваемая по величине прироста скорости расслабления мышц в ответ на физическую нагрузку, играют решающую роль в механизмах экономизации функций, снижения энергетических затрат, повышения скорости восстановительных процессов, сопротивляемости утомлению и соответственно обеспечения экстремального повышения работоспособности (феномена второго дыхания) при

повторных физических нагрузках.

### Библиографический список

1. Медведев, В. И. Устойчивость физиологических и психологических функций человека при действии экстремальных факторов [Текст] /В. И. Медведев. -Л: Наука, 1982.-104 с., с. 23-27.
2. Высочин, Ю.В. Релаксационный механизм срочной адаптации к физическим нагрузкам и гипертермии [Текст] /Ю.В. Высочин //Средства и методы повышения специальной работоспособности и технического мастерства юных и взрослых спортсменов //Сб. науч. тр.- Л.: ГДОИФК им. П.Ф. Лесгафта, 1983.-С. 5-18.
3. Высочин, Ю.В. Перспективные пути решения проблемы переносимости физических нагрузок системой опорно-двигательного аппарата [Текст] / Ю. В. Высочин // Пути оптимизации и повышения эффективности тренировочного процесса. - Л., 1986.-С. 5-12.
4. Высочин, Ю.В. Физиологические механизмы защиты, повышения устойчивости и физической работоспособности в экстремальных условиях спортивной и профессиональной деятельности: дис. ... докт. мед. наук/Ю.В. Высочин.-Л.: ВМА им. С.М. Кирова, 1988.-550 с.
5. Анохин, П.К. Очерки по физиологии функциональных систем [Текст] /П. К. Анохин. - М.: Медицина, 1975.-448 с., с. 46-48.
6. Высочин, Ю.В. Тормозно-релаксационная система защиты организма от физических перегрузок [Текст] /Ю. В. Высочин//Закономерности адаптации различных систем организма спортсменов к физическим нагрузкам, искусственным и естественным адаптогенным факторам:Материалы республ. конф.-Л.: ГДОИФК, 1989.-С. 18-30.
7. Медеяновский, А.Н. Функциональные системы, обеспечивающие гомеостаз [Текст] /А. Н. Медеяновский//Функциональные системы организма: Руководство,- М.: Медицина, 1987.-С. 77-97.
8. Судаков, К.В. Основные принципы общей теории функциональных систем [Текст] /К. В. Судаков//Функциональные системы организма: Руководство.- Медицина, 1987.-С. 26-49.
9. Высочин, Ю.В. Факторы, лимитирующие прогресс спортивных результатов и квалификации футболистов [Текст] /Ю.В. Высочин, Ю.П. Денисенко// Теория и практика физ. культуры.-2001.-№ 2.-С. 17-21.
10. Высочин, Ю.В. Миорелаксация в механизмах специальной физической работоспособности [Текст] /Ю. В. Высочин, Ю.П.Денисенко, И.М. Рахма //Искусство подготовки высококвалифицированных футболистов: науч.-метод. пособие.- М.: Советский спорт, 2003.- С. 273-311.
11. Денисенко, Ю.П. Механизмы срочной адаптации организма спортсменов к воздействиям физических нагрузок [Текст] /Ю.П.Денисенко//Теория и практика физ. культуры.- 2005.- №3.- С. 14-18.