

ТОРМОЗНО–РЕЛАКСАЦИОННАЯ ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СИСТЕМА СРОЧНОЙ АДАПТАЦИИ И ЗАЩИТЫ ОРГАНИЗМА ОТ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ ПРИ СПОРТИВНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Ю.В. Высочин¹, Ю.П. Денисенко³, Ю.В. Гордеев², Л.Г. Яценко¹

¹Санкт–Петербургский государственный технологический университет растительных полимеров, Россия, visochin@mail.ru;

²Санкт–Петербургский государственный университет, Россия, visochin@mail.ru

³Филиал Поволжской государственной академии физической культуры, спорта и туризма, Набережные Челны, Россия, uprof@yandex.ru;

Современная наука располагает множеством фактов, свидетельствующих о чрезвычайно высокой вариативности индивидуальной устойчивости человека к различным факторам окружающей среды. Нами было выявлено существование релаксационного механизма срочной адаптации, которому затем было присвоено наименование релаксационного механизма срочной мобилизации защиты (РМСЗ) организма от экстремальных воздействий (Высочин Ю.В., 1983).

Дальнейшие исследования в этом направлении, а также анализ экспериментальных данных с позиций теории функциональных систем П.К. Анохина 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 (Высочин Ю.В., 1988).

Тормозно–релаксационная функциональная система защиты, с точки зрения теории функциональных систем, включает в себя все основные центральные и периферические механизмы, как и любая другая ФС: 1) полезный приспособительный результат или системообразующий фактор, как ведущее звено функциональной системы; 2) рецепторы результата; 3) обратную афферентацию, поступающую от рецепторов результата в центральные образования функциональной системы; 4) центральную архитектуру, представляющую избирательное объединение функциональной системой нервных элементов различных уровней; 5) исполнительные соматические, вегетативные и эндокринные компоненты, включая организованное целенаправленное поведение.

Согласно описаниям А.Н. Медеяновского, 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 эффекторов (увеличение объема вдоха, частоты дыхания, ударного объема сердца, частоты сердечных сокращений, артериального давления и т.д.). Основной принцип их работы – интенсификация деятельности эффекторов.

В ТРФСЗ, наоборот, главным рабочим принципом является 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 сердечно–сосудистой, ни дыхательной системами, то есть теми мощными эффекторами, которые играют решающую роль в функциональных системах гомеостаза. Более того, как показали исследования Ю.В. Высочина 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. Следующее существенное отличие состоит в особенностях взаимодействия ТРФСЗ с другими функциональными системами (Денисенко Ю.П., Высочин Ю.В., 2007).

Согласно основным принципам классической теории функциональных систем, в частности, "принципам иерархии и последовательного взаимодействия", в каждый конкретный момент вре-

мени деятельность организма определяется доминирующей в плане выживаемости или адаптации к внешней среде функциональной системой (ФС). Доминирование ФС в целом организме определяется их биологической, а для человека в первую очередь социальной значимостью. По отношению к каждой доминирующей все другие ФС в соответствии с их значимостью выстраиваются в определенном иерархическом порядке. После удовлетворения ведущей потребности деятельностью организма завладевает следующая ведущая по социальной или биологической значимости потребность. Она строит новую доминирующую ФС и т.д. Известен и мультипараметрический принцип взаимодействия ФС, предусматривающий их обобщенную деятельность. Однако он распространяется в основном на все показатели гомеостаза и объединяет деятельность различных ФС гомеостатического уровня в единую обобщенную ФС гомеостаза.

В исследованиях Ю.В. Высочина было установлено, 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 функциональных систем. 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. Основным 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. В следствие огромных энергозатрат, повышенного потребления кислорода и интенсивного метаболизма нарастают явления ацидоза, тканевой гипоксии и гипоксемии. В мышцах накапливается молочная кислота и недоокисленные продукты обмена. Появляются 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, этот путь является крайне нерентабельным и неэффективным в силу целого ряда причин, объединяющихся в своего рода замкнутый порочный круг, одним из важных звеньев которого является повышенный уровень возбуждения ЦНС.

Любое произвольное движение, как известно, начинается с возбуждения нейронов соответствующих моторных зон коры головного мозга, посылающих двигательные импульсы к конкретным группам мышц и вызывающих их сокращение. Торможение тех же нейронов приводит к прекращению их импульсации и расслаблению мышц. При недостаточной силе тормозного процесса или перевозбуждении ЦНС часть нейронов может остаться в состоянии возбуждения и продолжать посылку двигательных импульсов к расслабляющейся мышце, вызывая появление пачек следовых потенциалов последействия в биоэлектрической активности расслабляющихся мышц, резко выраженные нарушения процесса расслабления и, соответственно, снижение его скорости. Это, в свою очередь, приводит к более или менее выраженным, в зависимости от мощности пачек следовых потенциалов нарушениям во временных взаимоотношениях работающих мышц, то есть к нарушениям координации движений и появлению периодов одновременной активности мышц антагонистов, сопровождающихся огромной бесполезной тратой энергии, расходуемой мышцами на преодоление сопротивления (растяжение) собственных антагонистов. Возникновение более мощных пачек следовых потенциалов становится главной причиной серьезных повреждений и даже разрывов мышц.

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, то есть достаточно сильно выраженное напряжение работающих и неработающих мышц, также приводящий к большим энергозатратам, большому потреблению кислорода неработающими мышцами и еще большим нарушениям координации и биомеханической структуры (техники движений).

Вследствие снижения скорости расслабления и нарушения альтернирующего ритма активности мышц–антагонистов резко уменьшаются паузы отдыха между быстрыми ритмическими сокращениями мышц бегуна, а при очень низкой скорости расслабления они вообще могут отсутствовать. По этой причине существенно ухудшается кровоснабжение и кислородное обеспечение работающих мышц, а вместе с этим уменьшается доля наиболее быстрого и выгодного аэробного ресинтеза АТФ, то есть понижается скорость восстановления энергетических ресурсов, нарастает тканевая гипоксия, ацидоз, "засорение" мышц недоокисленными продуктами обмена и т.д.

Еще большая интенсификация деятельности кислородтранспортных систем в этих условиях не эффективна, 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. Во всяком случае не исключено, что дополнительные энергозатраты, возникающие при повышении интенсивности работы кислородтранспортных систем, могут оказаться выше, чем полезный эффект, не говоря уже о возможном перенапряжении этих систем. Вследствие напряжения большого количества работающих и неработающих мышц на фоне кислородной недостаточности возрастает их теплопродукция и возникает нарушение температурного гомеостаза, которое влечет за собой необходимость интенсификации работы систем терморегуляции, в том числе сердечно–сосудистой и дыхательной, и, естественно, еще большие дополнительные энергозатраты.

Таким образом, очевидно, что на фоне огромных, причем бесполезных, энергозатрат 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. В конечном итоге спортсмен либо показывает низкий спортивный результат.

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.

Практическая реализация новой программы начинается с активизации тормозных систем ЦНС, выполняющих, как известно, важнейшую защитную функцию в организме, не только оберегая нервные клетки от истощения, но и ограничивая стрессорные реакции, гиперкинезы, развитие патологических процессов и т.д. После этого взаимосвязанные комплексы защитных реакций одновременно разворачиваются на разных иерархических уровнях и в нескольких направлениях, сохраняя тем не менее основной рабочий принцип новой программы – экономизацию функций эффекторных компонентов ТРФСЗ и ЛФС.

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, то есть

тканевая гипоксия. При этом уменьшается 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 происходит нормализация процесса расслабления скелетных мышц и существенное повышение его скорости. Следует учесть также, что при этом происходит значительное уменьшение накопления в мышцах метаболитов гликолитического (лактат) и креатинфосфатного (креатинин) обмена, снижаются ацидоз и тканевая гипоксия. Это, в свою очередь, сопровождается снижением запроса к кислородтранспортным системам и соответственно к интенсивности их деятельности (снижается АД, ЧСС, частота дыхания и т.д.), что создает дополнительную экономию энергетических ресурсов.

При обобщении совокупности литературных и наших экспериментальных данных определилось главное стратегическое направление в решении проблемы повышения эффективности подготовки спортсменов – всестороннее совершенствование релаксационных характеристик мышц и целенаправленное формирование релаксационного типа долговременной адаптации.