

УДК 378 (Высшее образование. Высшая школа. Подготовка научных кадров)

## **РОЛЬ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СИСТЕМ ОРГАНИЗМА В ПРОЦЕССЕ АДАПТАЦИИ К ФИЗИЧЕСКИМ НАГРУЗКАМ**

© 2022 А.Н. Красильников, Е.Г. Турбина

*Красильников Алексей Николаевич, доцент кафедры физического воспитания и спорта*

*E-mail: [ank67knv70@yandex.ru](mailto:ank67knv70@yandex.ru)*

*Турбина Евгения Георгиевна, доцент кафедры физического воспитания и спорта*

*E-mail: [kozheg@mail.ru](mailto:kozheg@mail.ru)*

Самарский государственный технический университет

Самара, Россия

Статья поступила в редакцию 31.03.2022

Данная статья раскрывает такую важную проблему, как адаптация человека к физическим нагрузкам и ее влияние на функциональное состояние организма. Адаптация – основа эволюции, результат которой закреплен генетически и передается по наследству. Адаптационный процесс включает в себя срочный и долговременный процессы. Механизмы этих процессов необходимо рассматривать с позиции теории Г.К. Анохина [2]. В процессе спортивной деятельности повышение работоспособности обеспечивается за счет активизации релаксационного механизма срочной адаптации. Высокая интенсивность энергообмена в условиях экстремальных физических нагрузок вызывает прогрессивный рост аундоза и накопление метаболических интермедиатов в организме спортсмена. Показано, что в условиях физического стресса наблюдается многократное увеличение содержания в крови и моче основных стрессорных гормонов. Применительно к процессу адаптации к физическим нагрузкам функциональный подход получил оригинальную интерпретацию в наших исследованиях касательно представлений о локомоторной (двигательной) функциональной системе (ЛФС), объединяющей в качестве составных компонентов большинство систем, классифицируемых по анатомо-функциональным признакам: центральную нервную, вегетативную, нейроэндокринную, сердечно-сосудистую, дыхательную, нервно-мышечную и другие. В результате наших исследований было установлено, что эффект взрывного повышения работоспособности обеспечивается за счет повышения этой работоспособности, за счет активизации релаксационного механизма срочной мобилизации защиты, суть которого заключается в активизации тормозных систем ЦНС, нормализации процесса расслабления скелетных мышц и существенном повышении его скорости при взаимодействии организма с различными адаптогенными факторами. Также обнаружено, что в условиях физического стресса наблюдается многократное увеличение в крови и моче основных стрессорных гормонов.

*Ключевые слова:* адаптация, функциональные системы организма, срочная адаптация, долговременная адаптация, физические нагрузки, повышение физической работоспособности, центральная нервная система, принцип отрицательной обратной связи

DOI: 10.37313/2413-9645-2022-24-83-42-46

*Введение.* Проблема адаптации человека к изменяющимся условиям окружающей среды является одной из главных в современном мире, в том числе применительно и к физической культуре и спорту. При всем многообразии форм адаптации у человека в основе лежат генотипическая и фенотипическая формы адаптации.

В результате генотипической адаптации на основе наследственной изменчивости, мутации и естественного отбора сформировались современные виды жизнедеятельности. Эта адаптация стала основой эволюции, результат которой закреплен генетически и передается по наследству. Комплекс видовых наследственных изме-

нений составляет основу следующего этапа адаптации, приобретаемой в ходе индивидуальной жизнедеятельности человека. Эта адаптация формируется в результате взаимодействия человека с окружающей средой и обеспечивается значительными структурными изменениями в органах и тканях. Такие изменения не передаются по наследству, аккумулируются в наследственные признаки и в результате формируют его индивидуальный облик – фенотип.

Фенотипическая адаптация – это индивидуальный процесс, приобретения человеком ранее отсутствующей устойчивости к различным факторам внешней среды, в результате чего форми-

руется возможность жить и работать в условиях, ранее несовместимых с жизнью, решать задачи, ранее неразрешимые.

В развитии большинства фенотипических адаптаций отчетливо прослеживается 2 этапа: начальный этап – срочный, но несовершенной адаптации и последующий этап – совершенной долговременной адаптации [8].

Срочный этап адаптационных изменений развивается непосредственно после начала действия раздражителей и, следовательно, реализуется на основе готовых ранее сформировавшихся физиологических механизмов. Важной отличительной чертой этого этапа адаптации является то, что деятельность организма человека чаще всего протекает на пределе его физиологических возможностей, при полной мобилизации функциональных резервов, но не всегда в полной мере обеспечивает необходимый адаптационный эффект. Так, бег нетренированного человека выполняется при близких к максимуму величинах минутного объема крови (МОК) и легочной вентиляции (ЛВ), при максимальной мобилизации резерва гликогена в печени; следствие недостаточно быстрого окисления пирувата в митохондриях мышц, наблюдается резкое повышение лактата в крови, лакцедемия лимитирует интенсивность нагрузки; следствие низкой емкости буферных систем крови быстро развивается ацидоз и падает мышечная работоспособность.

Долговременный этап адаптации складывается постепенно в результате длительного и многократного воздействия на человека факторов среды. По существу, он развивается на основе многократной реализации срочной адаптации и характеризуется тем, что в результате постепенно количественно-качественно накопления вида изменений организм человека приобретает новые состояния - из неадаптированного превращается в адаптированный, из нетренированного в тренированный. Такая адаптация, обеспечивает усвоение спортсменом ранее недостижимой по своим объемам и интенсивности физической нагрузки.

Таким образом, переход от срочного во многом несовершенного этапа к долговременному характеризует собой важный момент адаптационного процесса.

*Методы исследования.* Анализ и изучение специальной литературы по теме исследования, эксперимент с участием 25 спортсменов высокой квалификации и последующая обработка его результатов.

*История вопроса.* Механизм этого сложного процесса целесообразно рассматривать на основе принятого физиологий спорта представления, что реакция организма на факторы тренировочного процесса обеспечивается не отдельными органами, а определенным образом организованными и соподчиненными системами.

Именно такие системы (функциональные системы, по П.К. Анохину [2]) показали, что поступающая в нервные центры на основе биологической обратной связи (БОС) информация о результате действия – о достигнутом адаптационном эффекте – является главным системообразующим фактором [1].

Организм спортсмена в процессе тренировочной деятельности использует множество крайне динамических функциональных систем, объединенных по принципу иерархии и универсальности построения [10]. В конкретной динамической организации любой физиологической функциональной системы центральное место занимает полезный приспособительный эффект, или результат действия, и каждая функциональная система работает по принципу саморегуляции или самонастройки.

Применительно к процессу адаптации к физическим нагрузкам функциональный подход получил оригинальную интерпретацию в наших исследованиях касательно представлений о локомоторной (двигательной) функциональной системе (ЛФС), объединяющей в качестве составных компонентов большинство систем, классифицируемых по анатомо-функциональным признакам: центральную нервную, вегетативную, нейроэндокринную, сердечно-сосудистую, дыхательную, нервно-мышечную и другие. Системообразующим фактором ЛФС является доминирующая мотивация, или потребность. При спортивной деятельности в качестве таковой обычно выступает мотивация достижения наивысшего спортивного результата. Удовлетворение доминирующей потребности (мотивации) локомоторной функциональной системой достигается главным образом за счет интенсификацией деятельности всех ее компонентов, включая системы энергообеспечения и восстановления. Так как сформировавшаяся функциональная система распадается на составные компоненты только после достижения «положительного результата», то есть конечной цели, то вполне возможна ситуация при которой может наступить полное истощение функциональных резервов и даже гибель организма [12].

Именно поэтому становится актуальным то обстоятельство, что деятельность человека всегда носит общественный характер, и ее целевая направленность может резко отличаться от целевой направленности защитных механизмов. Это приводит не только к увеличению роли психологических факторов формирования механизмов устойчивости, но и к тому, что в процессе приспособления могут возникнуть два типа обеспечивающих реакций и программ поведения, каждая из которых направлена на достижение противоположных целей, то есть возможные противоречия между человеком как биосистемой и как членом общества.

Тем не менее, на практике, особенно в спорте, часто приходится сталкиваться с эффектом экстренного повышения физической работоспособности на фоне утомления, который известен как феномен «второго дыхания». Это, несомненно, означает, что организму каким-то образом удается разрешать возникающие противоречия между человеком как биологическим объектом и как членом общества. В противном случае феномен «второго дыхания» был бы просто невозможен.

*Результаты исследования.* В результате наших исследований было установлено, что эффект взрывного повышения работоспособности обеспечивается за счет повышения самой работоспособности, за счет активизации релаксационного механизма срочной мобилизации защиты, суть которого заключается в активизации тормозных систем ЦНС, нормализации процесса расслабления скелетных мышц и существенном повышении его скорости при взаимодействии организма с различными адаптогенными факторами. В данной работе мы ставим своей целью дальнейшее изучение взаимоотношений между различными компонентами локомоторной функциональной системы при различных уровнях и активности релаксационного механизма срочной мобилизации защиты.

В эксперименте участвовали спортсмены высокой квалификации, пловцы КМС (15 человек) и МС (10 человек), которые с интервалом отдыха в 15 минут выполняли 2 кратковременные физические нагрузки максимальной интенсивности на велоэргометре.

Полученные в эксперименте данные о метаболических изменениях указывают на развитие в тканях под влиянием физической нагрузки относительного ацидоза, гипоксии, гиперкапнии и накоплении восстановленных эквивалентов и конечных метаболитов креатинфосфатного и гликолитического обмена. Обращает на себя внимание повышение скорости расслабления мышц, свидетельствующее о включении (активизации) релаксационного механизма защиты [13]. В результате улучшается их трофика и энергообеспечение мышц, что подтверждается поддержанием высокой работоспособности на данном этапе.

Также обнаружено, что в условиях физического стресса наблюдается многократное увеличение в крови и моче основных стрессорных гормонов.

С развитием методов спортивной биохимии и физиологии удалось изучить принципиально новые механизмы, лежащие в основе развития долговременной адаптации и устойчивости организма спортсмена на клеточном и субклеточном уровнях. Так было однозначно установлено, что увеличение функций органов и систем закономерно влечет за собою активацию нуклео- и протеиносинтеза в клетках, образующих эти органы и системы. Поскольку в ответ на требование тренировочной среды возрастает функция систем, ответственных за адаптацию, то именно там прежде всего развивается активация синтеза нуклеиновых кислот и белков. В результате накапливаются определенные структурные компоненты и формируется системный структурный след.

*Выводы.* Сопоставив вышеприведенные факторы, можно заключить, что повышение содержания в крови стрессорных гормонов приводит к повышению СПР, и наоборот. Иначе говоря, между СПР и содержанием стрессорных гормонов существует отрицательная, а между СПР и содержанием тестостерона – положительная взаимосвязь.

Таким образом, спортсмены, имеющие высокую скорость произвольного расслабления мышц и высокую активность релаксационного механизма срочной мобилизации защиты, должны обладать и повышенной устойчивостью к различным стресс-факторам.

1. Алдошин, А. В., Алдошина, Е. А. Профессионально важные качества необходимые выпускникам вузов // Инновации в образовании: сборник материалов Международной научно-практической конференции. Орел: ОГАУ, 2010. -С. 136-139.
2. Анохин, П. К. Принципиальные вопросы общей теории функциональных систем. - Москва: Директ-Медиа, 2008. -131 с.
3. Белоцерковский, З. Б. Эргометрические и кардиологические критерии физической работоспособности у спортсменов: монография / З. Б. Белоцерковский. - 2-е изд., доп. - М.: Советский спорт, 2009. - 348 с.
4. Виру, А. А. Гормональные механизмы адаптации и тренировки. - Л.: Наука, 1981. - 155 с.
5. Высочин, Ю. В. Релаксационный механизм срочной адаптации к физическим нагрузкам и гипертермии// Средства и методы повышения специальной работоспособности и технического мастерства юных и взрослых спортсменов: Сборник научных трудов ГДОИФК. - Л., 1986. - С. 5-18.
6. Высочин, Ю. В., Зильбер, М. Л. Гормональная регуляция и релаксационный механизм срочной защиты при адаптации к физическим нагрузкам на равнине и среднегорье / Материалы республиканского симпозиума «Эндокринные механизмы регуляции адаптации организма к мышечной деятельности». - Тарту, 1987. - С. 122-129.
7. Гаркави, Л. Х., Квакина, Е. Б., Уколова, М. А. Адаптационные реакции и резистентность организма. - Ростов: Издательство Ростовский университет, 1979. - 224 с.
8. Горбанева, Е. П. Физиологические основы функциональной подготовки спортсменов: монография / Е. П. Горбанева, И. Н. Солопов, В. В. Чемов и др. - Волгоград, 2010. - С. 5-115.
9. Губа, В. П. Резервные возможности спортсменов: монография /В. П. Губа, Н. Н. Чесноков. - М.: Физическая культура, 2008. - 152 с.
10. Дмитрук, А. И. Биоритмологические аспекты проблемы адаптации в спорте / А. И. Дмитрук. - СПб., 2007. - 58 с.
11. Замчий, Т. П. Морфофункциональные аспекты адаптации к силовым видам спорта: монография / Т. П. Замчий, Ю. В. Корягина. - Омск: Изд-во СибГУК, 2012. -156 с.
12. Корягина, Ю. В. Биологические ритмы и адаптация к мышечной деятельности лыжников: монография / Ю. В. Корягина, Ю. П. Салова. - Омск: Изд-во СибГУК, 2013. - 148 с.
13. Солодков, А. С. Физиология человека: общая, спортивная, возрастная: учеб. для вузов физ. Культуры / А. С. Солодков, Е. Б. Сологуб. - 4-е изд., испр. и доп. - М.: Советский спорт, 2012. - 620 с.
14. Фарфель, В. С. Управление движениями в спорте / В. С. Фарфель. - 2-е изд., стер. - М.: Советский спорт, 2011. -202 с.
15. Хитров, Н. К., Толокнов, В. А., Большакова, Т. Д. Механизм адаптации к физическому напряжению и влиянию избытка углекислого газа на их формирование // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. - 1996. - №6. - С. 651-655.

## THE ROLE OF FUNCTIONAL SYSTEMS IN THE PROCESS OF ADAPTATION TO PHYSICAL EXERTION

© 2022 A.N. Krasilnikov, E.G. Turbina

*Aleksey N. Krasilnikov, Associate Professor of the Department of Physical Education and Sports*

*E-mail: [ank67knv70@yandex.ru](mailto:ank67knv70@yandex.ru)*

*Evgeniia G. Turbina, Associate Professor of the Department of Physical Education and Sports*

*E-mail: [turbinaeg@mail.ru](mailto:turbinaeg@mail.ru)*

*Samara State Technical University*

*Samara, Russia*

This article reveals such an important problem as human adaptation to physical activity and its impact on the functional state of the body. Adaptation is the basis of evolution, the result of which is genetically fixed and inherited. The adaptation process includes urgent and long-term processes. The mechanisms of these processes must be considered from the standpoint of G.K. Anokhin. In the process of sports activities, the increase in working capacity is ensured by activating the relaxation mechanism of urgent adaptation. The high intensity of energy exchange under conditions of extreme physical exertion causes a progressive increase in aundose and the accumulation of metabolic intermediates in the body of an athlete. It has been shown that under conditions of physical stress, a multiple increase in the content of the main stress hormones in the blood and urine is observed. In relation to the process of adaptation to physical loads, the functional approach received an original interpretation in our studies regarding the concept of the locomotor (motor) functional system (LFS), which combines as components most of the systems classified according to anatomical and functional characteristics: central nervous, autonomic, neuroendocrine, cardiovascular, respiratory, neuromuscular and others. As a result of our research, it was found that the effect of an explosive increase in working capacity is provided by

increasing this working capacity, by activating the relaxation mechanism of urgent mobilization of protection, the essence of which is to activate the inhibitory systems of the central nervous system, normalize the process of relaxation of skeletal muscles and significantly increase its speed during the interaction of the body with various adaptogenic factors. It was also found that under conditions of physical stress, there is a multiple increase in the blood and urine of the main stress hormones.

*Keywords:* adaptation, functional systems of the body, urgent adaptation, long-term adaptation, physical activity, improvement of physical performance, central nervous system, the principle of negative feedback

DOI: 10.37313/2413-9645-2022-24-83-42-46

1. Aldoshin, A. V., Aldoshina, E. A. Professional'no vazhnye kachestva neobhodimye vypuschnikam vuzov (Professionally important qualities necessary for university graduates) // *Innovacii v obrazovanii: sbornik materialov Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii*. Orel: OGAU, 2010. - S. 136-139.
2. Anohin, P. K. Principial'nye voprosy obshchej teorii funkcional'nyh system (Fundamental questions of the general theory of functional systems) - Moskva: Direkt-Media, 2008. - 131 s.
3. Belocerkovskij, Z. B. Ergometricheskie i kardiologicheskie kriterii fizicheskoj rabotosposobnosti u sportsmenov: monografiya (Ergometric and cardiological criteria of physical performance in athletes) / Z. B. Belocerkovskij. - 2-e izd., dop. - M.: Sovetskij sport, 2009. - 348 s.
4. Viru, A. A. Gormonal'nye mekhanizmy adaptacii i trenirovki (Hormonal mechanisms of adaptation and training). - L.: Nauka, 1981. - 155 s.
5. Vysochin, Yu. V. Relaksacionnyj mekhanizm srochnoj adaptacii k fizicheskim nagruzkam i gipertermii (Relaxation mechanism of urgent adaptation to physical activity and hyperthermia)// *Sredstva i metody povysheniya special'noj rabotosposobnosti i tekhnicheskogo masterstva yunyh i vzroslyh sportsmenov: Sbor-nik nauchnyh trudov GDOIFK*. - L., 1986. - S. 5-18.
6. Vysochin, Yu. V., Zil'ber, M. L. Gormonal'naya reguljaciya i relaksacionnyj mekhanizm srochnoj zashchity pri adaptacii k fizicheskim nagruzkam na ravnine i srednegor'e (Hormonal regulation and relaxation mechanism of urgent protection during adaptation to physical loads in the plains and middle mountains) / *Materialy respublikanskogo simpoziuma «Endokrinnye mekhanizmy reguljacii adaptacii organizma k myshechnoj deyatel'nosti»*. - Tartu, 1987. - S. 122-129.
7. Garkavi, L. H., Kvakina, E. B., Ukolova, M. A. Adaptacionnye reakcii i rezistentnost' organizma (Adaptive reactions and body resistance). - Rostov: Izda-tel'stvo Rostovskij universitet, 1979. - 224 s.
8. Gorbaneva, E. P. Fiziologicheskie osnovy funkcional'noj podgotovki sportsmenov (Physiological bases of functional training of athletes): monografiya / E. P. Gorbaneva, I. N. Solopov, V. V. CHemov i dr. - Volgograd, 2010. - S. 5-115.
9. Guba, V. P. Rezervnye vozmozhnosti sportsmenov (Reserve capabilities of athletes): monografiya / V. P. Guba, N. N. CHesnokov. - M.: Fizicheskaya kul'tu-ra, 2008. - 152 s.
10. Dmitruk, A. I. Bioritmologicheskie aspekty problemy adaptacii v sporte (Biorhythmological aspects of the problem of adaptation in sports) / A. I. Dmitruk. - SPB., 2007. - 58 s.
11. Zamchij, T. P. Morfofunkcional'nye aspekty adaptacii k silovym vidam sporta (Morphofunctional aspects of adaptation to power sports): monografiya / T. P. Zamchij, YU. V. Koryagina. - Omsk: Izd-vo SibGUK, 2012. - 156 s.
12. Koryagina, Yu. V. Biologicheskie ritmy i adaptaciya k myshechnoj deyatel'nosti lyzhnikov (Biological rhythms and adaptation to the muscular activity of skiers): monografiya / YU. V. Koryagina, YU. P. Salova. - Omsk: Izd-vo SibGUK, 2013. - 148 s.
13. Solodkov, A. S. Fiziologiya cheloveka: obshchaya, sportivnaya, vozrastnaya (Human physiology: general, sports, age): ucheb. dlya vuzov fiz. Kul'tury / A. S. Solodkov, E. B. Sologub. - 4-e izd., ispr. i dop. - M.: Sovetskij sport, 2012. - 620 s.
14. Farfel', V. S. Upravlenie dvizheniyami v sporte (Motion control in sports) / V. S. Farfel'. - 2-e izd., ster. - M.: Sovetskij sport, 2011. - 202 s.
15. Hitrov, N. K., Toloknov, V. A., Bol'shakova, T. D. Mekhanizm adaptacii k fizicheskomu napryazheniyu i vliyaniyu izbytko uglekislogo gaza na ih formirovanie (The mechanism of adaptation to physical stress and the influence of excess carbon dioxide on their formation) // *Byulleten' eksperimental'noj biologii i mediciny*. - 1996. - №6. - S. 651-655.