

УДК 612.1/.8

## ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ РЕЗЕРВЫ ОРГАНИЗМА В РАКУРСЕ КЛИНИЧЕСКОЙ ФИЗИОЛОГИИ

Курзанов А.Н.

*ГБОУ ВПО «Кубанский государственный медицинский университет Минздрава России», Краснодар, Россия (350063, Краснодар, ул.Седина,4), e-mail: kurzanov@mail.ru*

В обзоре представлены существующие дефиниции функциональных резервов организма, сформулированные известными учеными. Дан анализ взаимосвязи регуляторно-адаптивных возможностей организма и закономерностей формирования его функциональных резервов, а также уровней функциональных резервов организма и уровней его здоровья. Констатировано, что развитие методологии оценки функциональных резервов организма, а также функциональных состояний, пограничных между здоровьем и болезнью – важнейшее научное направление клинической физиологии, основанное на современных представлениях о гомеостазе, адаптации, теории функциональных систем и механизмах регуляции жизнедеятельности человека. Приведены данные о существующих подходах к оценке функциональных резервов и адаптивных возможностях организма с использованием функционально-нагрузочных тестов и, в том числе, анализа вариабельности сердечного ритма, пробы сердечно-дыхательного синхронизма и ряда других методов. Дано определение функциональных резервов организма с позиции динамического принципа организации, как открытой мультипараметрически саморегулируемой системы, обеспечивающей должную оперативность и достаточность адаптивных переменных по отношению к имеющимся воздействиям на организм.

Ключевые слова: функциональные резервы организма (ФРО), адаптивные возможности, клинико-физиологическая оценка ФРО.

## FUNCTIONAL BODY RESERVES FROM PERSPECTIVE OF CLINICAL PHYSIOLOGY

Kurzanov A.N.

*Kuban state medical University, Krasnodar, Russia (350063, Krasnodar, Sedina Str. 4), e-mail: kurzanov@mail.ru*

The article gives an overview of the existing definitions of functional body reserves given by the well-known scientists. The author analyses a relation between the regulatory adaptive abilities of organism, as well as regularities in formation of its functional reserves, levels of the functional body reserves and the health levels. It was stated that developing evaluation methods in respect to the functional body reserves, as well as to border conditions between health and illness, is one of the most important scientific branch of clinical physiology, based on the modern ideas about homeostasis, adaptation, theory of functional systems and regulatory mechanisms in human life activity. The overview includes the existing approaches to estimation of functional reserves and adaptive abilities of organism using functional stress testing, including analysis of heart rate variability, tests of heart-breathing synchronism and other methods. The author defines the functional body reserves from the point of dynamic principle of their organisation as an open multimetric selfregulating system, which provides the necessary operational efficiency and enough adaptive changes towards the existing influences on the organism.

Keywords: functional body reserves (FBR), adaptive abilities, clinical and physiological evaluation of FBR.

По существующим представлениям все резервы, используемые для интенсификации деятельности человека, в самом общем смысле могут быть обозначены как функциональные. Скрытые резервные возможности организма в работах первых исследователей, осуществивших формирование общих представлений о функциональных резервах организма, отождествлялись с «жизненными силами организма». К плеяде ученых, чьи заслуги в обобщении накопившихся фактов о резервах организма и их роли в обеспечении взаимодействия организма и среды его обитания признаны выдающимися, безусловно, относятся К.Бернар, В.Кеннон, Д.Баркрофт, Г.Селье и ряд других известных исследователей. В нашей стране впервые понятие «функциональные резервы организма» было представлено

академиком Л.А.Орбели в 30-х годах XX века. Он утверждал, что организм каждого человека имеет скрытые, или, так называемые, резервные возможности, которые используются, когда он попадает под воздействие негативных факторов. Академик Н.М.Амосов [6] предложил новый термин меры функциональных резервов организма – «количество здоровья». Количественной характеристикой здоровья, по его мнению, является сумма резервных возможностей основных функциональных систем организма и, прежде всего, кислородтранспортной системы. Под «качеством здоровья» понимается способность организма адаптироваться к условиям окружающей среды за счет использования функциональных резервов [4].

В словаре физиологических терминов [42] дано следующее определение: «Функциональные резервы – это диапазон возможного уровня изменений функциональной активности физиологических систем, который может быть обеспечен активационными механизмами организма. Функциональные резервы могут быть связаны с изменением энергетики обмена, что характерно для ткани и органа, а функциональные резервы системы и организма в целом формируются, благодаря перестройке систем регуляции и включению в функциональную систему новых дополнительных структур или замене одной формы реакции на другую. Функциональные резервы – это, прежде всего, резервы регуляторных механизмов».

Н.А. Агаджанян и А.Н. Кислицын [3] функциональные резервы организма определяют, как потенциальную способность организма обеспечить свою жизнедеятельность в необычных или экстремальных условиях.

Под функциональными резервами организма понимается «выработанная в процессе эволюции адаптационная и компенсаторная способность органа, системы и организма в целом усиливать во много раз интенсивность своей деятельности по сравнению с состоянием относительного покоя» [16]. А.С. Мозжухин [29] определяет резервные возможности организма как его скрытые возможности (приобретенные в ходе эволюции и онтогенеза) усиливать функционирование своих органов и систем органов в целях приспособления к чрезвычайным сдвигам во внешней или внутренней среде организма. При этом в качестве системообразующего фактора функциональных резервов рассматривается результат деятельности, обеспечивающий адаптацию организма к различным физическим и психоэмоциональным нагрузкам.

Резервные функциональные возможности проявляются в изменении интенсивности и объема энергетических и пластических процессов обмена веществ на клеточном и тканевом уровнях, в изменении интенсивности протекания физиологических процессов на уровне органов, систем органов и организма в целом [29,21].

Функциональные резервы организма определяют диапазон надежности его функциональных систем, в котором при нарастании нагрузки не происходит нарушения функций органов и систем органов. Потенциальные возможности функциональных резервов заложены в генотипе человека. Эти возможности раскрываются в конкретных условиях жизнедеятельности и могут изменяться под влиянием целенаправленной тренировки, формируя реальные индивидуальные функциональные резервы организма [18].

Функциональные резервы организма обеспечивают возможность изменения функциональной активности его структурных элементов, их возможности взаимодействия между собой для адаптации к воздействию на организм факторов внешней среды с целью обеспечения оптимального для данных конкретных условий уровня функционирования организма и эффективности его деятельности для достижения целесообразного результата адаптации. В процессе адаптации может происходить изменение диапазона резервных возможностей организма и способности к их мобилизации [34].

В.П. Загрядский [23] сформулировал определение функциональных резервов (ФР) «как выработанную в процессе эволюции адаптационную способность организма в целом усиливать во много раз интенсивность своей деятельности по сравнению с состоянием относительного покоя»,

а на основании обобщения данных по физиологии военного труда сделал вывод, что «физиология человека при воздействии на него экстремальных факторов есть, прежде всего, физиология резервных возможностей организма».

По определению Р.М. Баевского [13], под функциональными резервами понимают «... информационные, энергетические, метаболические ресурсы организма, обеспечивающие его конкретные адаптационные возможности. Для того, чтобы мобилизовать эти ресурсы при изменении условий окружающей среды, необходимо определенное напряжение регуляторных систем. Именно степень напряжения регуляторных систем, необходимая для сохранения гомеостаза, определяет текущее функциональное состояние человека».

Морфофункциональной основой функциональных резервов организма (ФРО) являются структурно-функциональные единицы тканей и органов в совокупности всех составляющих их компонентов и систем регуляции их деятельности. Их функционирование на уровне, обеспечивающем текущие потребности организма, поддержание его гомеостаза и должного объема регуляторно-адаптивных возможностей – главный показатель достаточности ФРО. Достаточность имеющихся в организме ФРО определяет состояние здоровья и трудоспособность человека. Возможности адаптации во многом определяются целесообразной способностью организма к использованию функциональных резервов и в значительной мере зависят от величины ФРО.

Функциональные резервы организма имеют как структурную, так и метаболическую составляющую и отражают основные параметры изменения текущего функционального состояния человека [5]. Функциональное состояние организма и его функциональные резервы – понятия, неразрывно взаимосвязанные и взаимозависимые.

Оценка ФРО человека – одна из важнейших задач клинической физиологии в сфере здоровья человека, решение которой во многом определяется разработкой информативных и адекватных технологий исследования функционального состояния целостного организма на основании данных полипараметрических многосторонних исследований уровня функциональной активности различных его органов и систем. Исследование функциональных резервов (ФР) на основе системного подхода позволило охарактеризовать особенности интеграции ФР его органов и систем, обеспечивающих осуществление адаптационного процесса [20].

Главной целью исследований клинико-физиологического статуса организма является выявление и оценка функциональных расстройств его органов и систем, определение степени их выраженности, а также определения характера функционирования здоровых органов и систем у этого же обследуемого, их роль в обеспечении компенсаторных реакций и резервных возможностей всего организма в целом.

Немаловажной задачей клинико-физиологических исследований является анализ закономерностей формирования ФРО и их изменений, возникающих в зависимости от возраста человека, что весьма актуально с позиций оценки возможностей их коррекции у лиц различных возрастных групп [44]. Особенности эволюции показателей ФРО на протяжении жизни необходимо изучать, а полученные сведения использовать для восстановления и укрепления здоровья.

Оценка ФР рекомендована к включению в систему социально-гигиенического мониторинга с созданием необходимых методик, программных модулей и баз данных. Решением Президиума РАМНТ от 22.10.2003г. Оценка ФРО, как показателя уровня здоровья, играющего центральную роль в процессах приспособления к изменяющимся условиям окружающей среды, базируется на фундаментальных положениях теории адаптации [2], так как адаптивные механизмы формируются путем перенастройки систем управления физиологическими функциями в ходе мобилизации ФР.

Адаптивные возможности определяются как запас ФР, состоящих из информационных, энергетических и метаболических резервов, которые расходуются на сохранение постоянства внутренней среды организма и поддержание его равновесия с внешней средой [1]. Возможности механизмов адаптации во многом определяются возможностями мобилизации ФР, которые могут обеспечить адекватный запросам организма уровень

функционирования его органов и систем при оптимальном напряжении регуляторных механизмов.

Реакция организма в ответ на воздействие факторов окружающей среды зависит от силы и времени воздействия, а также адаптационных возможностей организма, которые определяются наличием ФР. Состояние целостного организма как интегральный результат деятельности его органов и систем во многом определяется оптимальностью регуляторных механизмов и управляющих воздействий, их способностью обеспечить уравновешенность организма со средой и должную адаптацию к условиям существования. Адаптивные реакции организма происходят за счет затрат энергии и информации, в связи с чем «цена» адаптации определяется степенью напряжения регуляторных механизмов и величиной израсходованных ФР.

Живой организм является открытой термодинамической системой, устойчивость которой в соответствии с законами термодинамики зависит от баланса количеств энергии, поступающими в нее извне и расходуемыми ею на поддержание жизнедеятельности. Жизнеспособность организма, т.е. его функциональные резервы, в большой мере определяются резервами энергии, необходимой для осуществления множества процессов, формирующих жизнеобеспечение организма на всех уровнях его организации. На основе этих представлений Г.Л. Апанасенко [10] предложил «концепцию энергопотенциала биосистемы» и «термодинамическую концепцию здоровья», базирующуюся на предположении о существовании некоего эволюционно-обусловленного порога энергопотенциала биосистемы (резерва организма), выше которого у человека не регистрируются ни эндогенные факторы риска, ни соматические заболевания. Ниже этого порога (при исчерпании резервных возможностей) развиваются вначале эндогенные факторы риска, а затем и хронические соматические заболевания. Этот порог Г.Л. Апанасенко [10] количественно охарактеризовал по показателям максимальной аэробной способности, что позволяет при соответствующих мероприятиях исключить сам риск возникновения заболевания.

Энергодефицитное состояние организма рассматривается, в частности, как первопричина развития донозологических изменений состояния здоровья [24].

Адаптивные реакции осуществляются, прежде всего, за счет повышения функциональной активности органов и систем организма. Адаптация к любому фактору связана с затратами энергоресурсов организма. При оптимальных условиях для жизнедеятельности организма адаптивные реакции минимизированы и энергия расходуется, прежде всего, на фундаментальные жизненные процессы, то есть, на базальный метаболизм. Если значения фактора воздействия выходят за пределы оптимума, то организм использует

адаптивные механизмы, связанные со значительно большими энергозатратами. Адаптивное увеличение энергозатрат сопровождается уменьшением энергоресурсов организма, а, следовательно, и его ФР. При этом изменяется энергетический метаболизм, увеличивается использование энергетических, информационных и пластических ресурсов, усиливаются процессы фосфорилирования, происходит мобилизация гликогена и иных резервных источников высокоэнергетических субстанций. Возникающий дефицит энергоресурсов является сигналом для генетического аппарата клеток, запускающим увеличение образования в них митохондрий, ферментов, активизируя синтез белков, нуклеиновых кислот и АТФ. Такая активация генетического аппарата клеток обеспечивает восстановление и рост их энергетического потенциала, а это является основой способности организма к последующим функциональным перестройкам в ходе новых адаптивных реакций в ответ на воздействие факторов внутренней или внешней среды. Таким образом, биоэнергетические процессы в клетках организма, осуществляемые в виде обмена веществ, регулируемого посредством различных механизмов, лежат в основе мобилизации и формирования ФРО. Все процессы, происходящие в организме, следует рассматривать, прежде всего, с позиций гарантированного поддержания термодинамического неравновесия между количеством свободной энергии, поступающей в организм из окружающей среды, и количеством энергии, выделяемой при катаболических превращениях его структур.

Таким образом, наличие энергетического и структурно-функционального резерва – обязательное условие жизнеобеспечения организма. Термодинамическое неравновесие между окружающей средой и организмом – абсолютное условие для его жизнедеятельности, а степень этого неравновесного состояния может быть использована для количественной оценки жизнеспособности [9], т.е. «количества здоровья», являющегося, по определению Н.М.Амосова, мерой ФРО.

Чем больше доступны для использования ФР, тем организм жизнеспособнее. Эффективность биологической функции выживания тем больше, чем выше образование энергии на единицу массы организма [6]. Способность увеличивать в ходе адаптивных реакций поглощение кислорода определяет тот резерв энергии, а, следовательно, и ФРО, которые необходимы для адекватных изменений процессов жизнедеятельности. На организменном уровне количественная оценка энергопотенциала может быть осуществлена по параметрам максимальных аэробных возможностей - мощностью и эффективностью аэробных механизмов энергообразования [9].

Различные уровни здоровья обусловлены различным уровнем ФРО и состоянием регуляторных систем, обеспечивающих их мобилизацию в необходимых ситуациях для обеспечения адаптивных реакций. Мобилизация необходимого ФР, сопровождающаяся

формированием состояния напряжения регуляторных систем, характерна для донозологических изменений функционального состояния организма. Снижение ФР организма в ходе адаптивных реакций может определять развитие, как преморбидных состояний, так и состояния болезни.

Развитие методологии оценки ФРО, а также функциональных состояний, пограничных между здоровьем и болезнью – важнейшее научное направление клинической физиологии, основанное на современных представлениях о гомеостазе, адаптации, теории функциональных систем, механизмах регуляции жизнедеятельности человека, в рамках которого решается проблема оценки состояния здоровья, разрабатываются методы донозологической диагностики и критерии развития риска заболевания, что, несомненно, актуально для клинической, профилактической и страховой медицины. Главной задачей клинико-физиологических исследований является обоснование методов оценки адаптивных возможностей организма, критериев, количественно характеризующих текущее состояние его регуляторно-адаптивного статуса, а также прогноза их изменений в ходе индивидуального жизненного пути.

Поиск и совершенствование путей коррекции ФРО, сниженных под влиянием внешней среды, либо вследствие изменения уровня здоровья - основное направление восстановительной медицины, как в научном, так и в практическом плане. Уменьшение адаптивного потенциала и ФРО рассматриваются как универсальный фактор риска развития патологических состояний [12]. В этой связи приоритетной задачей восстановительной медицины является разработка методологических подходов и клинико-физиологических методов исследования ФРО человека, а также создания автоматизированных аппаратно-программных комплексов для оценки и мониторинга его функционального состояния, адаптационных возможностей, а также выбора тактики и анализа эффективности лечебно-оздоровительных мероприятий.

Оценка уровня ФРО позволяет выявлять лица групп риска развития патологических состояний, а в случае возникновения заболеваний, прогнозировать эффективность оздоровительно-реабилитационных технологий. Степень риска определяется, прежде всего, способностью организма противостоять болезнетворным факторам и его способностью адаптироваться к изменению условий окружающей среды, что в целом определяется запасом его жизненных сил, а точнее, функциональными резервами. ФРО во многом определяют его адаптивные возможности и могут рассматриваться, как стратегические ресурсы здоровья. Количественная оценка адаптивных возможностей позволяет оценить и прогнозировать риск развития заболеваний на этапе возникновения донозологических состояний [25].

Исследование ФР и адаптивных возможностей организма на основе анализа мультипараметрической информации о состоянии ведущих функциональных систем в комплексе с полипараметрической донозологической диагностикой определяют методологический базис интегральной оценки уровня здоровья [43,12,11,38,28]. Здоровье, как биологическая категория, отражает свойство организма сохранять и восстанавливать функциональные резервы, обеспечивающие адаптацию к меняющимся условиям среды и деятельности [37]. Изучение механизмов формирования ФРО и их роли в сохранении и совершенствовании здоровья здорового человека является одной из ведущих задач физиологии, как науки [46]. При качественной и количественной оценке резервов здоровья используется нормоцентрический подход, отличающийся от нозоцентрического, характерного для клинической медицины [41].

В современной медицине клинико-физиологическая оценка ФРО и функционального состояния организма человека во многом определяют эффективность донозологической диагностики, позволяют охарактеризовать резервные возможности отдельных систем и органов и прогнозировать их изменения под влиянием воздействия различных факторов. Донозологическая диагностика преморбидных состояний и профилактика социально-значимых заболеваний, сохранение здоровья здорового человека отнесены к числу приоритетных целей и задач современного здравоохранения в рамках Государственной программы развития здравоохранения Российской Федерации (распоряжение Правительства РФ №2511 от 24 декабря 2012г.).

Исследование ФРО, донозологическая диагностика на ранних стадиях развития адаптационного синдрома и своевременная коррекция функционального состояния признаны наиболее оптимальной методологией охраны здоровья [12,45,31]. Мониторинг функциональных резервов, диагностика ранних стадий адаптационного синдрома и своевременная коррекция нарушений функционального состояния рассматриваются в рамках Отраслевой программы МЗ РФ «Охрана и укрепление здоровья здоровых», утвержденной Приказом Минздрава РФ от 21.03.2003 №114 в качестве наиболее эффективной стратегии сохранения здоровья человека. Разработка и внедрение в практику способов донозологической диагностики функциональных нарушений – основа эффективных профилактических мероприятий [27].

Оценка ФРО неразрывно связана с оценкой его функционального состояния. Механизм взаимодействия различных функциональных систем человека, основанный на процессе перераспределения ФР между ними определяет функциональное состояние организма в целом [5]. Функциональное состояние организма – это интегральная характеристика состояния здоровья, отражающая уровень ФР, который может быть мобилизован для целей



адаптации, а также возможности организма обеспечить реализацию адаптивных реакций, что оценивается по данным изменений функций и структур в текущий момент при взаимодействии с факторами внешней среды [8,19]. В процессе реализации адаптивных реакций организма переход от одного функционального состояния к другому происходит в результате изменения уровня функциональной активности систем жизнеобеспечения, степени функционального напряжения механизмов их регуляции и состояния ФРО. Исследование функциональных показателей, позволяющих охарактеризовать состояние функциональных резервов организма – необходимое условие оценки уровня здоровья человека и вероятности риска его нарушения или утраты.

Поддержание гомеостаза является главной целью функциональных изменений, обеспечивающих равновесие между организмом и окружающей средой за счет мобилизации ФР, что сопровождается определенным напряжением регуляторных систем. Степень напряжения регуляторных систем косвенно характеризует уровень ФРО. ФРО имеют прямую связь с уровнем функционирования и обратную со степенью напряжения регуляторных систем [4]. Чем ФРО меньше, тем большее напряжение механизмов регуляции необходимо для поддержания гомеостаза.

Снижение ФРО нарушает способности организма адаптироваться к изменениям условий окружающей среды. Мобилизация ФРО сопряжена с напряжением регуляторных систем. Если «цена адаптации» превышает пределы индивидуального «лимита», то развивается перенапряжение и истощение механизмов регуляции. Перенапряжение механизмов регуляции и связанные с ним снижение функциональных резервов является одним из главных факторов риска развития заболеваний [13].

Оценка ФР по степени напряжения регуляторных систем позволяет охарактеризовать их задействованность в реализации адаптивных перестроек организма, но не позволяет прогнозировать возможности организма реагировать на изменения условий окружающей среды. Для оценки ФРО человека разработаны и разрабатываются все новые технологии резервометрии и аппаратно-диагностические комплексы [14,15]. Резервометрия включает качественную и количественную оценку ФР в целом и адаптивных возможностей различных функциональных систем организма. Тестирование различных звеньев управления физиологическими функциями с использованием функциональной нагрузки является основным способом оценки функциональных резервов механизмов их регуляции.

В рамках данного обзора представляется целесообразным привести некоторые данные о существующих подходах к оценке ФР и адаптивных возможностей организма. Информация о пределах ФРО может быть получена с использованием функциональных тестов. Принято полагать, что оценку ФРО целесообразно проводить, применяя

функциональные пробы с физической нагрузкой, которые, прежде всего, усиливают деятельность органов кровообращения и дыхания и по динамике их функциональных показателей судить о резервных возможностях организма. Специальными исследованиями установлено, что методы дозированных по мощности и продолжительности физических нагрузок не уступают по своей информативности в оценке ФР методам с использованием предельных и повторных нагрузок. Это явилось обоснованием метода исследования ряда физиологических функций с оценкой многих параметров, отражающих объем и скорость мобилизации резервов органов и систем органов, эффективность и экономичность использования резервов различного структурного уровня [7].

Большая часть известных функционально-нагрузочных тестов направлена на определение уровня функционирования сердечно-сосудистой и дыхательной систем для оценки их ФР.

Однако, «при функциональном тестировании оценены могут быть лишь мобилизуемые резервы при выполнении той или иной деятельности, тогда как немобилизуемая часть резервов оценена быть не может. Поэтому к решению указанного вопроса существуют несколько подходов. Первый – практический, при котором резервы оцениваются по результатам целостной деятельности человека, направленной на достижение конкретно поставленной цели, например, работа до произвольного отказа с максимальной интенсивностью. Второй - функциональный, связанный с определением диапазона функций органа, системы органов и целостного организма в различных условиях напряженной деятельности и при воздействии на организм экстремальных факторов» [26]. Согласно В.В.Парину и Ф.З.Меерсону [33], резерв органа или системы, может быть количественно охарактеризован разностью между максимально достижимым уровнем их функционирования и уровнем этих функций в условиях относительного физиологического покоя.

Одним из простых функциональных тестов, нашедшим широкое применение в клинико-физиологических исследованиях, является активная ортостатическая проба, позволяющая оценивать функциональные резервы системы регуляции кровообращения. Оценка и прогнозирование функционального состояния целостного организма по данным исследования сердечно-сосудистой системы основано на том, что гемодинамические изменения в различных органах и системах возникают раньше, чем соответствующие функциональные нарушения, а исследование процессов временной организации, координации и синхронизации информационных, энергетических и гемодинамических процессов в сердечно-сосудистой системе позволяет выявлять самые начальные изменения в

управляющем звене целостного организма. Сердечно-сосудистая система с ее регуляторным аппаратом рассматриваются как индикатор адаптационных реакций всего организма [13].

Эта концепция явилась основой разработки одного из самых распространенных в прикладной физиологии и клинической практике методов оценки функционального состояния организма – метода анализа variability сердечного ритма [32]. Этот метод позволяет охарактеризовать функциональное состояние организма на основании построения кардиоинтервалограммы и последующем анализе полученных числовых рядов математическими методами. Анализ ВСР позволяет оценить общее напряжение регуляторных механизмов по показателям активности регулярных систем нейрогуморальной регуляции сердца и соотношение между симпатическим и парасимпатическим отделами автономной нервной системы, а комплексная оценка всех показателей дает возможность целостного представления о функциональном состоянии организма.

Недостатком ряда методов является то, что оценка функционального состояния проводят по показателям только одной функциональной системы. Это в значительной мере снижает возможность интегральной оценки резервов организма в целом

Динамическое взаимодействие нескольких функциональных систем, которое обеспечивается при участии различающихся или отчасти общих регуляторных систем в рамках теории функциональных систем носит непредсказуемый характер и зависит от активационных ресурсов каждой из них, определяемых их ФР. В качестве примера такого взаимодействия часто рассматриваются респираторно-кардиальные отношения. Утверждается, что для определения функционального состояния организма достаточно оценить резервные возможности его кардиореспираторной, центральной нервной и нейрогуморальной регуляции, параметры функционирования которых отражают и показатели гомеостаза, и показатели ФР процессов адаптации через соотношение уровня регуляции и степени напряжения механизмов регуляции [38].

Факт влияния дыхания на ритм сердца и активное участие в этом ядер блуждающих нервов, торможение и возбуждение которых передается синусовому узлу через нервные связи, известен давно. В 1963 году М.Клаймс предложил трактовку дыхательной регуляции частоты сердечных сокращений, которая на основании теории автоматического регулирования интерпретирует зависимость между дыханием и величиной вагусного торможения сердца с помощью передаточных функций, построенных по реальным кривым переходных процессов ритма сердца при вдохе и выдохе. В основе феномена сопряженности сердечного и дыхательного ритмогенеза лежит иррадиация возбуждения в продолговатом мозге с дыхательных на сердечные эфферентные нейроны, от которых сигналы по

блуждающим нервам передаются к сердцу и, взаимодействуя с интракардиальными ритмогенными структурами, формируют сердечный ритм, синхронный с дыхательным [35].

Установлено, что уровень респираторно-кардиальной синхронизации характеризует степень вегетативной сбалансированности, а респираторно-кардиальные взаимоотношения чрезвычайно лабильны и интегрально отражают системные вегетативные перестройки, происходящие в организме человека при различных внешних воздействиях. Это позволяет использовать их анализ для оценки функционального состояния организма. В этих целях был разработан критерий анализа степени взаимодействия ритмов сердца и дыхания – респираторно-кардиальный коэффициент и программное обеспечение для его расчета [22]. Респираторно-кардиальный коэффициент отражает перераспределение в активности различных уровней регуляции вегетативных функций и позволяет оценивать интегральные характеристики вегетативной реактивности организма при проведении нагрузочных тестов, что, по-видимому, может косвенно свидетельствовать о состоянии функциональных резервов организма.

Дыхание – единственная вегетативная функция человека, активность которой он может менять сознательно. Волевое управление дыхательными движениями осуществляется посредством высшего отдела нервной системы – коры больших полушарий головного мозга, а само произвольное управление дыханием происходит на фоне автоматически регулируемого ритма дыхания, а не вопреки ему [40]. Возможность произвольного изменения глубины и частоты дыхания по заданной программе позволяет использовать явление сопряженности сердечного и дыхательного ритмогенеза для управляемого воздействия на регуляторные системы и механизмы, вовлеченные в этот процесс, что при определенных условиях позволяет синхронизировать ритмы дыхания и сердца. Это позволило создать метод исследования регуляторных и адаптивных возможностей организма человека путем воспроизведения пробы сердечно-дыхательного синхронизма (СДС).

Индукирование возникновения общего синхронного дыхательного и сердечного ритма посредством вовлечения сердечных эфферентных нейронов в доминантный учащенный дыхательный ритм создается посредством заданной частоты произвольного дыхания, превышающей исходный сердечный ритм. Проба СДС позволяет количественно охарактеризовать межсистемные взаимодействия нескольких вегетативных функций и интегрально оценить регуляторно-адаптивный статус организма [35]. Метод СДС позволяет интегрально оценивать адаптивные возможности организма при различных функциональных состояниях и заболеваниях, поскольку результирующие показатели пробы формируются с участием различных сенсорных входов, центральной и вегетативной нервной систем, координированная работа которых свидетельствует об адекватности регуляторно-

приспособительных реакций организма [35,47]. О степени отклонения адаптивных возможностей от нормы судят по выраженности изменений параметров синхронизации на минимальной границе диапазона синхронизации. Регуляторно-адаптивные возможности оцениваются по индексу регуляторно-адаптивного статуса (ИРАС), получаемого интеграцией наиболее информативных показателей пробы СДС.

С позиций клинической физиологии регуляторно-адаптивный статус (РАС), определяемый по пробе СДС, позволяет характеризовать функциональный статус организма. Представляется вполне обоснованным рассматривать ИРАС, как показатель количественной интегральной оценки ФРО и его адаптивного потенциала, а также в качестве показателя их изменений при воздействии различных факторов. ФРО посредством использования различных системных воздействий на организм могут совершенствоваться в процессе жизнедеятельности. Систематическое выполнение физических упражнений позволяет сохранить ФРО и, соответственно, высокий уровень здоровья и работоспособности. Основой физических упражнений является двигательная деятельность, которая сопровождается большим потоком информации в ЦНС, связанным с проприоцептивной афферентацией от мышц. При этом повышается функциональная активность всех отделов ЦНС, в нейронах увеличивается содержание РНК, активизируется деятельность гипоталамо-гипофизарной системы, вовлекается эндокринная система и достигается оптимальная регуляция сердечно-сосудистой, дыхательной и других систем организма [46].

У физически и психологически тренированных лиц значительное повышение функциональной активности органов и систем происходит с меньшими затратами энергии и при меньшей степени напряжения регуляторных механизмов, а, следовательно, и менее значимыми изменениями ФРО. У опытных парашютистов динамика параметров РАС определенного с использованием пробы СДС в условиях психоэмоционального стресса, существенно отличается от этих же показателей у начинающих парашютистов, что свидетельствует о возрастании стрессоустойчивости в процессе тренировок парашютистов. Уровень стрессоустойчивости, оцениваемый по регуляторно-адаптивному статусу, предопределен величиной ИРАС в исходном состоянии и степенью его изменения при действии стрессогенного фактора [36]. Повышение исходного уровня и менее выраженное его изменение при действии стрессорных воздействий свидетельствуют о повышении в процессе систематических тренировок стрессоустойчивости, а, следовательно, и об увеличении ФРО.

Исследование динамики показателей РАС и ИРАС позволяет получать объективную информацию о трансформации функционального состояния и ФРО под влиянием лечебно-оздоровительных мероприятий и многих других воздействий на организм человека, включая

стрессовые и возрастные. Это подтверждено большим пулом исследований у людей различного возраста при различных функциональных состояниях и разнообразных формах патологии [35].

ФРО в ходе адаптивных реакций, обеспечивающих его жизнедеятельность, непрерывно расходуются на поддержание равновесия между организмом и средой и также непрерывно восполняются. ФРО формируются, прежде всего, за счет взаимосвязанных энергетических, метаболических и информационных ресурсов, имеющих свою структурную основу. Временную организацию ФРО можно представить как диалектическое единство процессов их мобилизации и восполнения, а поскольку живая система является неравновесной, то в каждый момент существования организма имеют место некоторые различия между параметрами расходования и восполнения ФР. Таким образом, в каждый момент существует некоторый положительный или отрицательный их баланс по отношению к оптимальному уровню ФР.

Относительно сбалансированный характер этих разнонаправленных процессов имеет место в условиях нормального, адекватного потребностям организма функционирования всех его органов и систем, т.е. при отсутствии каких-либо нарушающих его функциональное состояние воздействий. Такой динамичный принцип организации ФРО обеспечивается постоянным достижением компромисса между процессами их мобилизации и восполнения путем автоматической саморегулируемой оптимизации всех компонентов поддержания и улучшения функционирования его органов и систем в соответствии с текущими потребностями и возможностями при постоянном воздействии разнообразных факторов внешней и внутренней среды. С этих позиций ***функциональные резервы организма можно рассматривать, как открытую мультипараметрически саморегулируемую систему, настраивающуюся в ходе постоянного развития организма на должную оперативность и достаточность адаптивных переменных по отношению к имеющимся воздействиям.*** Достаточность ФР – необходимое условие обеспечения должного уровня функционального состояния организма в любой момент его жизнедеятельности. Оптимальный уровень ФРО может со временем меняться. Можно выделить циркадиальные, сезонные и возрастные изменения ФРО. Величина ФРО возрастает по мере созревания организма и снижается при его старении.

Вышеизложенное можно в определенной мере рассматривать с точки зрения выдающегося ученого и философа современного естествознания Марио Бунге [17] на суть истины «истины относительно в том смысле, что они имеют силу только для определенного множества предположений, которые временно рассматриваются как доказанные, то есть не подвергаются сомнению в данном контексте. Они являются также частичными или

приблизительными истинами, ибо их подтверждение всегда частично и, кроме того, ограничено во времени».

Существующие представления о формировании ФРО и их использовании в процессе жизнеобеспечения организма не позволяют сформулировать однозначный перечень закономерностей и принципов, и охарактеризовать значимость различных путей и функциональных приоритетов в организации ФР. Анализ множества факторов, допущений, гипотез и утверждений, систематизация совокупности имеющихся знаний о ФРО – необходимое условие их объяснения в форме удостоверенной логикой научной теории, практическая эффективность которой может быть достигнута тогда, когда она проникает в прикладные науки. К их числу в контексте настоящего обзора можно, прежде всего, отнести восстановительную медицину и клиническую физиологию.

### **Список литературы**

1. Агаджанян Н.А., Баевский Р.М., Берсенева А.П. Проблемы адаптации и учение о здоровье. Учебное пособие. М.: РУДН. -2006.-284с.
2. Агаджанян Н.А., Баевский Р.М., Берсенева А.П. Функциональные резервы организма и теория адаптации//Вестник восстановительной медицины.-2004. -№3(9).-С.4-11.
3. Агаджанян Н.А., Кислицын А.Н. Резервы организма и экстремальный туризм. М.: Просветитель. -2002. -302с.
4. Айдаралиев А.А., Баевский Р.М., Берсенева А.П., Максимов А.Л., Палеев Н.Р. Комплексная оценка функциональных резервов организма.-Фрунзе, Илим.-1988.-195 с.
5. Айдаркин Е.К. Функциональное состояние – теоретический аспект. Валеология. -2004. - №1.-С.15.
6. Амосов Н.М. Раздумья о здоровье М.: Изд-во. «Физкультура и спорт»- 1987.-64с.
7. Андрианов В.П., Давыденко Д.Н., Лесной Н.К., Яковлев Г.М. Оценка мобилизации функциональных резервов организма при тестировании работоспособности с помощью нагрузочной пробы по замкнутому циклу// Системные механизмы и управление специальной работоспособностью спортсменов. Волгоград.-1984.-С.36-44.
8. Антонов А.А. Безнагрузочная оценка функционального состояния организма спортсменов//Поликлиника. -2013.-№1.-С.37-41.
9. Апанасенко Г.А. Планетарная эволюция и здоровье человека //Историческая психология и социология истории.- 2014.- №1.-С.92-101.
10. Апанасенко Г.А. Эволюция биоэнергетики и здоровье человека. СПб.:МГП «Петрополис».- 1992.- 123с.

11. Баевский Р.М., Берсенева А.П. Введение в донологическую диагностику. М., «Слово». -2008.-220с.
12. Баевский Р.М., Берсенева А.П. Оценка адаптационных возможностей организма и риск развития заболеваний.-М.: «Медицина».-1997.-236с.
13. Баевский Р.М. Теоретические и прикладные аспекты оценки и прогнозирования функционального состояния организма при действии факторов длительного космического полета//Актовая речь на заседании Ученого совета ГНЦ РФ-ИМБП РАН. Москва, октябрь 2005г. 36с. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://diffpsychology.narod.ru/dderfices/1Baevski.doc>.
14. Бобровницкий И.П. Методологические аспекты разработки и внедрения новых технологий оценки и коррекции функциональных резервов в сфере восстановительной медицины//Курортные ведомости. -2007.-№3.-С.8-10.
15. Бобровницкий И.П., Лебедева О.Д., Яковлев М.Ю. Применение аппаратно-программного комплекса оценки функциональных резервов для анализа эффективности лечения//Вестник восстановительной медицины.- 2011. -№6.-С.7-9.
16. Бресткин М.П. Функции организма в условиях изменений газовой среды. Л.-1968.
17. Бунге М. Философия физики. М.: Прогресс».- 1975.-353с.
18. Вайнер Э.Н., Кастюнин С.А. Адаптивная физическая культура. Краткий энциклопедический словарь. -2012.
19. Воробьев К.П. Клинико-физиологический анализ категорий функционального состояния организма в интенсивной терапии//Вестник интенсивной терапии. -2001.-№2.-С.3-8.
20. Давиденко Д.Н. Интеграция функциональных резервов как показатель адаптированности организма к мышечной деятельности //5-й Всесоюзный симпозиум «Эколого-физиологические проблемы адаптации».-М.-1988.-С.68-70.
21. Давиденко Д.Н. Функциональные резервы адаптации организма человека//Социальная физиология: учебное пособие. М.-1996.-С.126-135.
22. Дудник Е.Н., Глазачев О.С. Формализованный критерий респираторно-кардиальной синхронизации в оценке оперативных перестроек вегетативного гомеостаза //Физиология человека. -2006.-Т.32.- №4.-С.49-56.
23. Загрядский В.П. Физиологические резервы организма и боеспособность человека//Избранные лекции по физиологии военного труда.-Л.-1972.-С.31-41.
24. Илюхина В.А., Заболотских И.Б. Энергодефицитные состояния здорового и больного человека. СПб.: изд-во «Печатник».- 1993. -192с.
25. Казначеев В.П., Баевский Р.М., Берсенева А.П. Донологическая диагностика массовых обследований населения. Л.: «Медицина».-1980. -225с.



26. Лобзин Ю.В., Финогенов Ю.П., Волжанин М.В., Семена А.В., Захаренко С.М. Инфекционные болезни: проблемы адаптации. С-Пб.: ЭЛБИ-СПб.-2006.-391с.
27. Матальгина О.А. О диагностике функциональных резервов организма. Вестник Санкт-Петербургской мед.академии постдипломного образования. -2009.-№2.-С.42-48.
28. Михайлов В.М. Количественная оценка уровня здоровья в восстановительной медицине. Иваново.- 2005.-60с.
29. Мозжухин А.С. Физиологические резервы спортсмена: лекция. Л.- 1979.
30. Мозжухин А.С., Давиденко Д.Н. Общие принципы адаптации к физической работе /Тез.докл.итоговой научной конф. за 1980г.-Л., ВДКИФУ.-1981.-С.176.
31. Оганов Р.Г. Здоровый образ жизни и здоровье населения России. Вестник РАМН. -2001.- №8.-С.14-17.
32. Парин В.В., Баевский Р.М., Волков Ю.Н., Газенко О.Г. Космическая кардиология. Л.:»Медицина». -1967. -206с.
33. Парин В.В., Меерсон Ф.З. Напряжение миокарда и функциональный резерв сердца. Избр.тр.Т.1. Кровообращение в норме и патологии.-М.: Наука.-1974, -С.69-83.
34. Петленко В.П. Основы валеологии.Кн.2. -1998.- 360с.
35. Покровский В.М. Сердечно-дыхательный синхронизм в оценке регуляторно-адаптивных возможностей организма.-Краснодар: Кубань-Книга.-2010.-244с.
36. Покровский В.М., Мингалев А.Н. Регуляторно-адаптивный статус в оценке стрессоустойчивости человека//В.М. Покровский Физиология человека.-2012.-Т.38.-№1- С.77-81.
37. Разумов А.Н. Медико-социальные и культурологические основы концепции охраны здоровья здорового человека/ А.Н. Разумов, В.А. Пономаренко//В кн.: Здоровье здорового человека /под.ред. А.Н. Разумова, В.И. Покровского М.-2007.-Ч.1, гл.4.-С.47.
38. Разумов А.Н., Бобровницкий И.П. Восстановительная медицина: научная основа и пути интеграции первичной и вторичной профилактики //Вестник восстановительной медицины.- 2004. -№2.-С.4-9.
39. Руненко С.Д., Таламбум Е.А., Ачкасов Е.Е. Исследование и оценка физиологического состояния спортсменов: Учебное пособие. М. -2010. -80с.
40. Сафонов В.А., Тарасова Н.Н. Нервная регуляция дыхания. /Физиология человека. 2006.- Т.32.-№4. –С.64-76.
41. Семичев С.Б. Предболезненные психические расстройства Л.: «Медицина».-1987, 183с.
42. Словарь физиологических терминов (отв.ред. О.Г. Газенко) М.: Наука.-1987. -446с.
43. Соколов А.В. Роль и место интегральной оценки функциональных резервов организма в восстановительной медицине//Курортное дело. -2007.-№3.-С.5-10.

44. Соколов А.В., Стома А.В. Состояние функциональных резервов организма и возможность их коррекции у лиц различных возрастных групп. -2010.-№5.-С.36-40.
45. Судаков К.В. Теория функциональных систем как морфологическая основа медицинской диагностики. Радиоэлектроника в медицинской диагностике.-1999.-С.13-16.
46. Физиология человека //под ред. В.М. Покровского, Г.Ф. Коротько. М.: Медицина.-2011.
47. Pokrovskii V.M., Abushkevich V.G., Borisova I.I. et al. Cardiorespiratory Synchronization//Human Physiology.- 2002. -v.28.- №6.- P.728.

**Рецензенты:**

Покровский В.М., д.м.н., профессор, зав. кафедрой нормальной физиологии ГБОУ ВПО КубГМУ Минздрава России, г.Краснодар;

Каде А.Х., д.м.н., профессор, зав.кафедрой общей и клинической патофизиологии ГБОУ ВПО КубГМУ Минздрава России, г.Краснодар.