

УДК 612.1/.8

## МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОЦЕНКИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ РЕЗЕРВОВ ОРГАНИЗМА

Курзанов А.Н.

*ГБОУ ВПО «Кубанский государственный медицинский университет Минздрава России», Краснодар, e-mail: kurzanov@mail.ru*

В статье дан анализ методологических аспектов оценки функциональных резервов организма, которые рассматриваются в настоящее время как важнейшая составляющая индивидуального здоровья человека. Констатируется, что развитие методологии исследования функциональных резервов организма - важнейшее научное направление на стыке клинической физиологии, функциональной диагностики и восстановительной медицины. Проанализированы существующие представления о закономерностях формирования функциональных резервов организма и значении диагностики резервных возможностей организма человека в современной медицине. Приведены данные о существующих подходах к оценке функциональных резервов и адаптивных возможностей организма с использованием функционально-нагрузочных тестов, и в том числе пробы сердечно-дыхательного синхронизма, анализа вариабельности сердечного ритма, интегрального принципа диагностики функциональных резервов с использованием программно-аппаратного комплекса, а также о мониторинговании функционального состояния организма человека с помощью мобильных гаджетов, датчиков и сети Интернет.

Ключевые слова: функциональные резервы организма (ФРО), методология оценки.

## METHODOLOGICAL ASPECTS IN EVALUATION OF FUNCTIONAL RESERVES OF ORGANISM.

Kurzanov A.N.

*Kuban state medical university, Krasnodar, e-mail: kurzanov@mail.ru*

The article analyses the methodological aspects in evaluation of functional reserves of organism (FRO). The author states that the development of the FRO research methodology is an important scientific direction at the crossroads of clinical physiology, functional diagnostics and rehabilitation medicine. The author analyses the existing ideas about the principles of the FRO formation and the meaning of diagnosing the reserve abilities of human organism in the modern medicine. The article provides information on the existing approaches to the evaluation of functional reserves and adaptive abilities of organism, using functional stress tests as well as testing the cardiorespiratory synchronism, analyzing heart rate variability, integral principle of functional reserves diagnostics by means of hardware-software complex.

Keywords: functional reserves of organism (FRO), evaluation methodology.

Развитие методологии оценки ФРО – важнейшее научное направление на стыке клинической физиологии, восстановительной медицины и функциональной диагностики [8]. Центральное место в этих исследованиях занимает разработка подходов, методов и критериев резервометрии, а также переход от качественных к количественным оценкам функциональных резервов, что является одним из обязательных условий оценки функционального состояния организма и его уровня здоровья. Разработка методологических аспектов оценки ФРО является базовым компонентом сохранения и формирования здоровья человека [11].

Следует отметить, что проблема оценки ФРО у людей, находящихся в состояниях, пограничных между здоровьем и болезнью, является очень сложной как в научно-теоретическом, так и методологическом плане, что связано с отсутствием общепризнанных

критериев предболезни, а также методов количественной оценки уровней здоровья, соответствующих этим критериям. Выраженное уменьшение функциональных резервов – один из ведущих факторов риска развития заболевания.

Сложность исследования ФРО человека состоит в многообразии определений базового понятия «функциональные резервы организма», в большинстве своем не полностью раскрывающих сущность данной интегральной характеристики состояния организма человека. Фактическое отсутствие всеобъемлющего определения ФРО обусловило появление разнообразных направлений в решении методологических задач резервометрии, большинство из которых ориентированы на системный подход к оценке интегральных показателей, отражающих различные компоненты функциональных резервов (ФР).

В методологии резервометрии выделяют два основных подхода:

- использование прямых методов оценки ФРО при воздействии различных экстремальных факторов (резервы стрессоустойчивости организма, характеризующиеся величиной предельно переносимой силы и времени воздействия);

- применение косвенных методов оценки ФРО на основании исследования состояния различных функциональных систем организма как в обычных условиях жизнедеятельности, так и при проведении различных функциональных нагрузочных проб [5].

В рамках сложившихся методологических подходов анализа ФРО созданы многочисленные методы оценки функциональных и адаптационных резервов организма. Предложено много схем оценки резервных возможностей, градаций биологических, пластических, энергетических, информационных резервов, а также резервов здоровья лиц ряда профессий, связанных с агрессивностью профессиональной среды и повышенной психофизиологической напряженностью труда.

Методология количественной оценки резервных возможностей человека, и прежде всего психофизиологических резервов его профессиональной работоспособности, состоит в том, что ФР человека представляются в виде функциональной системы, объединяющей психологические, психофизиологические резервы, резервы висцеральной системы и резервные возможности регуляторных систем организма [14].

К перспективным методологическим направлениям разработки проблемы функциональных резервов относятся:

- исследование функциональных резервов клеточного, тканевого, органного, системного и организменного уровней;

- исследование динамических характеристик и механизмов мобилизации ФРО;

- поиск методических подходов к оценке ФРО и разработка гибких систем оценок функционального состояния дифференцированных по различным показателям, критериям,

тестам. Создание нормативов для оценки ФРО позволит решить ряд важнейших задач клинической, профилактической и восстановительной медицины [5; 11; 13].

В настоящее время существует несколько методологических подходов к оценке ФРО, разработанных отечественными учеными. В рамках концепции о сердечно-сосудистой системе как индикаторе адаптивных реакций всего организма была обоснована методология косвенной оценки ФРО, базирующаяся на сопоставлении двух измеряемых показателей - уровня функционирования сердечно-сосудистой системы и степени напряжения регуляторных систем [4]. Концептуальная основа этой методологии оценки ФРО базируется на представлениях о том, что сердечно-сосудистая система с ее многоуровневой регуляцией является функциональной системой, конечным результатом деятельности которой является обеспечение должного уровня функционирования целостного организма. Принято считать, что любому уровню функционирования целостного организма соответствует адекватный уровень функционирования сердечно-сосудистой системы. Обладая совершенным аппаратом саморегуляции, она оперативно участвует во всех проявлениях жизнедеятельности, реагируя на малейшие изменения потребностей отдельных органов и систем, обеспечивая кровоток в них в согласовании с гемодинамическими изменениями на организменном уровне. Функциональный резерв системы кровообращения тем выше, чем меньше требуется усилий для адаптации к обычным условиям жизнедеятельности, в ходе которой происходит как своевременная мобилизация резервов, так и их восстановление.

Функциональные резервы системы кровообращения необходимо рассматривать в комплексе с миокардиально-гемодинамическим гомеостазом и вегетативным гомеостазом [2], поскольку последний имеет непосредственное отношение к регуляции как ФР системы кровообращения, так и ФРО в целом. Степень напряжения регуляторных систем определяет уровень функционирования сердечно-сосудистой системы путем мобилизации ее функционального резерва. Утверждается, что функциональный резерв организма имеет прямую связь со степенью напряжения регуляторных систем. Это позволяет оценивать функциональный резерв, не измеряя его непосредственно, а анализируя соотношение между уровнем функционирования и степенью напряжения регуляторных систем [4].

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, ее регуляция отражает все уровни управления физиологическими функциями [3].

Эта концепция явилась основой разработки одного из самых распространенных в прикладной физиологии и клинической практике методов оценки функционального состояния организма – метода анализа вариабельности сердечного ритма. Этот метод позволяет охарактеризовать функциональное состояние организма на основании построения кардиоинтервалограммы и последующего анализа 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.

Однако исследование функционального состояния только сердечно-сосудистой системы в значительной мере ограничивает возможность более информативной оценки ФРО 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.

Механизмы одновременной сочетанной регуляции гемодинамики и внешнего дыхания до конца не изучены. Однако общепризнано, что от взаимодействия сердечно-сосудистой и дыхательной систем во многом зависит характер метаболизма организма в покое и при нагрузках, и две эти анатомические системы, по сути, функционируют для достижения общего результата. Понятие «кардиореспираторная система» получило широкое распространение не только в физиологии, но и в клинической медицине. Под кардиореспираторной системой понимают функциональное взаимодействие ССС и дыхательной системы, направленное на обеспечение текущих процессов жизнеобеспечения организма. Кардиореспираторную систему относят к постоянно существующим частным функциональным системам [6]. Н.А. Агаджанян с соавт. (2004) указывает, что кардиореспираторная система является «универсальным индикатором функциональных резервов и адаптивных функций организма» [1].

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 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 [10].

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 [7]. 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. 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 методологию исследования регуляторных и адаптивных возможностей организма человека путем воспроизведения пробы сердечно-дыхательного синхронизма (СДС).

Индукция 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-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 [10; 15]. 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.

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 и разнообразных патологических состояниях [10].

Примером концептуального целостного методологического подхода к оценке ФРО является методология количественной оценки интегрального показателя ФРО, основанная на представлениях о том, что функциональные резервы являются интегральной характеристикой состояния организма человека, которая во многом зависит от морфофункционального состояния основных систем жизнеобеспечения, а также регуляторных адаптивных возможностей организма. Данный подход был использован при разработке технологии исследования ФРО с использованием программно-аппаратного комплекса «интегральный показатель здоровья», позволяющего оценивать адаптационный потенциал и напряжение регуляторных систем, функциональное состояние и резервы сердечно-сосудистой, дыхательной, центральной нервной системы, вегетативного гомеостаза и психологического состояния [12]. Оценку ФРО и его адаптационных возможностей проводят с использованием комплексного тестирования, включающего методику математического анализа сердечного ритма по Р.М. Баевскому, тесты с дозированной физической нагрузкой (по Апанасенко, Гарвардский степ-тест, PWC<sub>170</sub>), оценку зрительно-моторной реакции по Лоскутовой и психоэмоционального статуса по Люшеру, тест дифференциальной самооценки (САН), исследование личностной и реактивной тревожности по тесту Спилбергера.

В настоящее время формируется новая методология оценки ФРО. Мониторинг функциональных резервов организма человека предлагается осуществлять с помощью информационных технологий на основе использования мобильных гаджетов, датчиков и сети Интернет [9]. Разработан и реализован интернет-сервис количественной и качественной

оценки психофизиологического состояния человека. Разработана современная технология функционального мониторинга организма с помощью портативных датчиков, создания и анализа архивов данных и прикладных сервисов диагностики на основе обработки информации длительности RR-интервалов, уровня оксигенации крови и функции внешнего дыхания во время обычной двигательной деятельности (ходьба) или при физических нагрузках (бег, плавание, езда на велосипеде). Информационные технологии изучения функциональных резервов организма на основе мониторинга ряда его функциональных параметров обеспечивают мотивацию пользователей регулярно отслеживать данные о состоянии своего организма, а тесное «общение» со своим смартфоном и постоянное напоминание о частоте пульса, уровне артериального давления и других показателях нередко определяет желание проконсультироваться у специалистов-медиков. Увеличение интереса к оздоровительным практикам «мобильного здоровья» и IT-мониторинга привело к тому, что в настоящее время они являются самой быстроразвивающейся категорией в сфере информационных технологий.

### Список литературы

1. Агаджанян Н.А., Баевский Р.М., Берсенева А.П. Функциональные резервы организма и теория адаптации // Вестник восстановительной медицины. - 2004. - № 3 (9). - С. 4-11.
2. 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.
3. 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 2005 г.
4. Баевский Р.М., Берсенева А.П. Оценка адаптационных возможностей организма и риск развития заболеваний. - М. : Медицина, 1997. – 236 с.
5. 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.
6. Ванюшин Ю.С., Ситдилов Ф.Г. Компенсаторно-адаптационные реакции кардиореспираторной системы при различных видах мышечной деятельности. – Казань : Таглитат, 2003. - 128 с.

7. 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.
8. Курзанов А.Н. Функциональные резервы организма в ракурсе клинической физиологии // Современные проблемы науки и образования. - 2015. - № 4.; URL: [www.science-education.ru/127-20456](http://www.science-education.ru/127-20456) (дата обращения: 24.08.2015).
9. Петрухин В.А., Погребняк Ю.О., Рузов В.О. и соавт. Мониторинг функциональных и адаптивных резервов организма человека // Компьютерная математика. - 2013. - № 2. - С. 105-114.
10. Покровский В.М. Сердечно-дыхательный синхронизм в оценке регуляторно-адаптивных возможностей организма. – Краснодар : Кубань-Книга, 2010. – 244 с.
11. 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.
12. Соколов А.В. Интегральные оценки резервов индивидуального здоровья. Методические рекомендации. - М., 2003. – 52 с.
13. Соколов А.В., Калинин Р.Е., Стома А.В. Теория и практика диагностики функциональных резервов организма. – М. : ГЭОТАР-Медиа, 2015. – 176 с.
14. Шалимов П.Н., Глухов Д.В. Методология и технология оценки функциональных резервов организма человека // Известия Южного федерального университета. – 1998. - № 4. – Т. 10. - С. 14-17.
15. Pokrovskii V.M., Abushkevich V.G., Borisova I.I. et al. Cardiorespiratory Synchronization // Human Physiology. - 2002. - V. 28. - № 6. - P. 728.