Российская Академия Естествознания Издательский дом Академии Естествознания

А.Н. Курзанов, Н.В. Заболотских, Д.В. Ковалев

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ РЕЗЕРВЫ ОРГАНИЗМА

Монография

УДК 612.1/.8 ББК 28.073 К93

Реиензенты:

Покровский В.М. – доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой нормальной физиологии Кубанского государственного медицинского университета;

Конорский С.Г. — доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой терапии № 2 ФПК и ППС Кубанского государственного медицинского университета

Курзанов А.Н., Заболотских Н.В., Ковалев Д.В.

К93 Функциональные резервы организма: монография /
 А.Н. Курзанов, Н.В. Заболотских, Д.В. Ковалев. – М.: Издательский дом Академии Естествознания, 2016. – 96 с.

ISBN 978-5-91327-403-8

В монографии на современном уровне знаний представлены существующие представления о функциональных резервах организма. Сделан акцент на биоинформационных аспектах организмании резервных возможностей организма. Рассмотрена роль сигнальной коммуникации организменного уровня в организации адаптивных реакций, направленных на удовлетворение потребностей организма, включая формирование его функциональных резервов. С позиций теории функциональных систем логически обоснованы представления о функциональных резервах организма как динамически саморегулирующемся комплексе инфрмационно-взаимосвязанных функциональных систем, многогранное взаимодействие которых обеспечивает мобилизацию и восстановление резервных возможностей в соответствии с потребностями жизнеобеспечения организма. Большое внимание уделено значению исследований резервных возможностей организма в современной медицине, а также существующим методологическим подходам и методическому арсеналу оценки функциональных резервов. Обобщена информация о программно-аппаратных комплексах для исследования функциональных резервов организма.

Книга адресована специалистам по функциональной диагностике, восстановительной медицине, клинической физиологии, патофизиологам, студентам медицинских и биологических вузов.

The monography presents the currently existing ideas about functional reserves of organism. It focuses on bio-informational aspects in organization of reserve abilities of organismandpossible mechanism to support its vital resources. The authors discuss therole of signal communication oforganismic level in organization ofadaptive reactions aimed at satisfying the needs of organism, including the formation of its functional reserves. From the point of the theory of functional systems, it is logically grounded that functional reserves of organism can be considered as a dynamically self-regulating complex of informatively interrelated functional systems, whosemultifaceted interaction provides the mobilization and recovery of the reserve abilities, in accordance with the vital needs of organism. Much attention is paid to the studies on the reserve abilities of organism in modern medicine, as well as existing methodological approaches and evaluation methods for the functional reserves. The book gives a summary of software and hardware used to study the functional reserves of organism.

The book is intended for specialists in functional diagnostics, rehabilitation medicine, clinical physiology, pathophysiology, students of medicine and biology.

ISBN 978-5-91327-403-8

- © Курзанов А.Н., Заболотских Н.В., Ковалев Д.В., 2016
- © ИЛ «Академия Естествознания»
- © МОО «Акалемия Естествознания»

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИ	СЛОВИЕ	4
Глава 1.	ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ РЕЗЕРВЫ ОРГАНИЗМА В РАКУРСЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ ОБ ИХ СУЩНОСТИ	7
Глава 2.	ЗНАЧЕНИЕ ОЦЕНКИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ РЕЗЕРВОВ ОРГАНИЗМА В СОВРЕМЕННОЙ МЕДИЦИНЕ	28
Глава 3.	СУЩЕСТВУЮЩИЕ МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ РЕЗЕРВОВ ОРГАНИЗМА	33
Глава 4.	ПРИНЦИПЫ, СПОСОБЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ РЕЗЕРВОВ ОРГАНИЗМА	43
Глава 5.	СОВРЕМЕННЫЕ АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЕ КОМПЛЕКСЫ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ РЕЗЕРВОВ ОРГАНИЗМА	76
ЗАКЛЮЧЕНИЕ		80
ОСНОВ	НАЯ ЛИТЕРАТУРА	82

ПРЕДИСЛОВИЕ

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, В.В. Паррин, О.Г. Газенко 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 [9] 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 [5].

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 [6]. 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 [44].

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 [85; 125]. 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 22.10.2003 г. 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.

Все разделы предлагаемой книги посвящены анализу различных аспектов темы, обозначенной в ее названии. Авторы монографии представили в последующих главах как сведения из цитируемой литературы так и свои представления о функциональных резервах организма, методологических подходах, методах и значении их оценки в современной медицине а также информацию об аппаратно-программных комплексах, используемых для исследования резервных возможностей организма человека. Понимая, что книга не лишена определенных недостатков, авторы будут признательны читателям за все пожелания и критические замечания.

Глава 1. ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ РЕЗЕРВЫ ОРГАНИЗМА В РАКУРСЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ ОБ ИХ СУЩНОСТИ

В словаре физиологических терминов [121] 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» [31]. А.С. Мозжухин [88] 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 [45; 88;19; 77].

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 [34].

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 [100].

В.П. Загрядский [53] 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».

В рамках концепции восстановительной медицины под функциональными резервами организма понимаются регуляторные возможности человека по поддержанию жизнедеятельности и адаптивных свойств саморегулируемых систем организма (112)

Функциональный резерв организма определяется как такое его свойство, которое связано со способностью организма адаптироваться к изменениям окружающей среды без нарушений гомеостаза и без истощения или полома регуляторных механизмов

По определению Р.М. Баевского [19], 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».

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 ФРО.

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 дифиниция функциональных резервов организма была сформулирована нами следующим образом:» функциональные резервы организма - открытая мультипараметрически саморегулируемая система, настраивающая в ходе жизнедеятельности на должную оперативность и достаточность адаптивных переменных по отношению к имеющимся воздействиям за счет энергетического, пластического и информационного обеспечения процессов самоорганизации динамического состояния организма, определяющего его жизнеспособность» [75]. Достаточность ФРО – необходимое условие обеспечения должного уровня функционального состояния организма в любой момент его жизнедеятельности. Оптимальный уровень ФРО может со временем меняться. Можно выделить циркадианные, сезонные и возрастные изменения ФРО. Величина ФРО возрастает по мере созревания организма и снижается при его старении.

Система функциональных резервов организма включает подсистемы:

- 1. Биохимические резервы, обеспечивающие метаболизм организма и включающие блок энергетического обмена и блок пластического обмена.
 - 2. Физиологические резервы.
 - 3. Психические резервы.

Биохимические резервы организма определяются состоянием его энергетических систем — аэробной и анаэробной, а также биохимическими процессами, направленными на восполнение энергетических ресурсов организма и восстановление разрушенных в процессе мобилизации энергоресурсов клеточных структур за счет их синтеза de novo.

Индуцирование синтеза структурных и ферментных белков, возникновение и увеличение специфических структурных перестроек тканей приводит к возрастанию структурных резервов организма. В результате мобилизации и использования биохимических резервов в ходе адаптивных реакций поддерживается гомеостаз внутренней среды организма. Таким образом, биохимические резервы клеточного и тканевого уровней обеспечивают пластический и энергетический обмен, а также гомеостаз организма.

Физиологические резервы обеспечивают возможности органов и систем органов изменять свою функциональную активность и взаимодействовать между собой с целью достижения оптимальных параметров жизнеобеспечения в конкретных условиях жизнедеятельности. Использование физиологических резервов обеспечивается механизмами регуляции физиологических функций в процессе приспособления организма к изменяющимся условиям внешней и внутренней среды.

Психические резервы определяют возможности психики человека, связанные с его поведением, психологической и социальной адаптацией, с проявлением таких качеств, как мышление, память, внимание, когнитивные способности, волевые и мотивационные аспекты жизнедеятельности.

Психические резервы во многом формируются функциональными возможностями человека и рассматриваются как важнейший фактор взаимодействия организма со средой обитания.

Функциональные резервы организма — это сложная система, фундаментом которой являются биохимические, а вершиной — психические резервы. Физиологические резервы за счет механизмов нейрогуморальной регуляции интегрируют в единое целое систему функциональных резервов.

Системообразующим фактором системы функциональных резервов является результат деятельности или результат адаптационных процессов.

Согласно теории функциональных систем под резервами адаптации организма понимают такие изменения функциональной активности органов и систем органов, которые обеспечивают достижение полезного приспособительного результата, выступающего в качестве интегрированного фактора, определяющего и формирующего динамическую организацию физиологических и биохимических процессов, необходимых для достижения этого результата.

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.

Современный уровень знаний не позволяет глубоко детализировать работу регуляторных механизмов, ответственных за мобилизацию и расходование ФРО. Иерархия функционального взаимодействия при комплексном подходе к оценке ФРО включает ФР, мобилизуемые на этапе срочной адаптации, расходование которых обеспечивается регуляторными механизмами автономной нервной системы. Уровень функционирования различных систем организма обеспечивается функциональными резервами, подразделяющимися на оперативные и стратегические. Оперативные резервы мобилизуются и расходуются автономными регуляторными механизмами, а стратегические – центральными [19]. Мобилизация и расходование оперативных и стратегических резервов происходит на этапах срочной и долговременной адаптации. Физиологические механизмы, обеспечивающие адаптацию в срочной стадии, состоят в использовании функциональных резервов избыточной организации, а в долговременной стадии - за счет структурных перестроек и увеличения функциональных взаимосвязей. Существуют срочные механизмы трансформации ФРО основным компонентом которых является их экстренная мобилизация в целях обеспечения срочных адаптивны реакций преимущественно путем изменения энергообмена и связанных с ним функций автономного регуляторного обеспечения, увеличения доставки кислорода к работающим органам и вывод продуктов обмена веществ. По мнению академика И.П. Ашмарина одним из эволюционно древних механизмов запуска срочных адаптивных реакций без вовлечения генома является образование из находящихся в жидких средах организма молекул пропептидов в ходе их процессинга молекул активных олигопептидов, обеспечивающих инициацию процессов срочного реагирования в интересах организма. Возможно, что такой же механизм обеспечивает и экстренную мобилизацию ФРО.

Медленные механизмы формирования ФРО преимущественно обеспечивают восстановление пластических и энергетических возможностей органов, тканей и функциональных систем за счет метаболических реакций, включающих усиление синтеза нуклеиновых кислот и белков, увеличение биогенеза митохондрий и мощности митохондриальной системы, обеспечивающей рост выработки АТФ на единицу массы ткани и устранение дефицита АТФ. В результате последующей активации всех

клеток физиологических систем формируются структурные изменения, обеспечивющие увеличение функциональных возможностей и оптимизируется энергообеспечение тканей и органов.

Физиологическая сущность долговременной адаптации организма состоит в росте его функциональных резервов и заключается в оптимизации функциональных свойств систем, обеспечивающих целенаправленную реализацию возможностей организма. Системообразующим фактором при этом является адаптивный полезный результат.

Функциональные резервы механизмов регуляции включают два компонента — специфический и неспецифический. Неспецифические механизмы участвуют в реакциях на стрессорное воздействие и в мобилизации текущих функциональных резервов. За счет активации специфических механизмов регуляции обеспечивается более эффективное и экономичное приспособление организма к новым условиям жизнедеятельности, а также более целенаправленное использование функциональных резервов.

Должный уровень способности регуляторных систем мобилизовать необходимые функциональные резервы позволяет обеспечить «физиологическую меру» защиты организма от неблагоприятных воздействий и сохранить гомеостаз в заданных природой пределах.

Существует биоэнергетическая концепция, в рамках которой функциональные резервы организма рассматриваются как потенциальная возможность воспроизводства энергии за счет интенсификации метаболических процессов.

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, и 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 [17] 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 [17] 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 [52].

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 [16], т.е. «количества здоровья», являющегося, по определению Н.М. Амосова, мерой ФРО. Чем больше доступные для использования ФР, тем организм жизнеспособнее. Эффективность биологической функции выживания тем больше, чем выше образование энергии на единицу массы организма [9]. 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 [16].

Однако, необходимо отметить, что выделение физиологической, метаболической, энергетической и информационной составляющих ФРО достаточно условно, поскольку все они неразрывно взаимосвязаны в пространстве и во времени.

Роль биоэнергетических и метаболических процессов в формировании ФРО обсуждается во многих научных работах достаточно детально и аргументировано. Существенно меньше внимания уделено объяснению сущности информационной составляющей резервных возможностей организма, ее роли в осуществлении адаптивных реакций, обеспечивающих его жизнедеятельность. Неясно, что понимается под «информационными ресурсами организма».

Прежде, чем представить некоторые пролегомены (вводные рассуждения) отражающие наше понимание сущности информационной составляющей функциональных резервов организма, полагаем необходимым предварительно рассмотреть исходные понятия и существующие представления об информации, как важнейшем компоненте объективной реальности и о роли информации и информационных процессов в живых организмах [74].

В существующих представлениях о роли информации и информационных процессах в живых организмах имеется немало дискуссионных моментов, существенных пробелов, недостаточно аргументированных утверждений по важнейшим разделам данной проблематики, что отчасти связано с неоднозначностью понятия «информация». Существуют различные гипотезы о природе информации, которые представлены в специальных публикациях [32; 57; 69; 91; 119; 132; 147]. Диапазон применения термина «информация» очень широк, однако ни одна из перечисленных его трактовок не раскрывает в полной мере суть и роль информационных процессов в живых системах.

В этой связи следует вспомнить обобщение Норберта Винера, который отметил, что «информация — есть информация, а не материя и не энергия» [36]. Таким образом декларируется, что информация, являясь

одной из ключевых сущностей объективной реальности, является нематериальной категорией, не является физической величиной, хотя ее существование и воспроизводство возможно только на основе тех или иных материально-энергетических носителей. Без объектов или процессов физической реальности информация проявить себя не может.

Существуют утверждения, что «информация по своей сути представляет виртуальную часть живого», то есть имеет не материальную природу и «является виртуальной сущностью» [63], которая «с самого начала зарождения жизни, связывает материальную часть нашего мира с нематериальной его частью». Такая точка зрения не всеми признается безоговорочно и даже рассматривается, как заблуждение.

Сущность понятия «информация» в обыденном понимании этого термина — это, либо «сведения, содержащиеся в сообщении», либо «процесс передачи сообщения». Представляется возможным дать определение информации через описание ее форм и ее свойств. Краткое перечисление этих характеристик информации включает: нужность информации и ее действенность, фиксируемость, инвариантность по отношению к носителям, количество информации и емкость ее носителя, транслируемость, мультипликативность, изменчивость, полипотентность, ценность, истинность и, наконец, бренность, то есть возможность (или неизбежность) ее разрушения и исчезновения в результате изменения или разрушения ее носителей [68].

Кроме свойств выделяют виды информации: генетическую, поведенческую и логическую. Носителями генетической информации являются молекулы ДНК.

Поведенческая информация формируется на основе врожденных поведенческих реакций, которые генетически запрограммированы. Природа материального носителя этого вида информации доказательно не установлена, а гипотетически связывается с некими молекулярными процессами и структурами. Эволюционно самый молодой вид информации — логическая информация, носителем которой является человеческая речь.

Прием или создание информации, ее хранение, передачу и использование называют элементарными информационными актами, а осуществление всей совокупности таких актов — информационным процессом. Совокупность механизмов, обеспечивающих полное осуществление информационного процесса, называют информационной системой.

Все живые существа — это информационные системы, структура которых задается относящейся к ним информацией, а жизнедеятельность обеспечивается воспроизведением этой информации. Любая информационная

система в ходе своего функционирования, направленного на ее самовоспроизведение, изменяет окружающую ее среду путем использования ее ресурсов. Обеспечение воспроизведения информации — необходимая и обязательная принадлежность любой информационной системы. Система, не отвечающая этому требованию, утрачивает кодирующую ее информацию и бесследно исчезает, поскольку законы сохранения на нее не распространяются [68].

Живая форма материи объединяет в одно целое вещество, энергию и информацию [63]. Проблема информационной организации живых систем является одной из ведущих проблем биологии, физиологии, биохимии, генетики и других наук о жизни. Вопросы биоинформации изучаются в ведущих научных центрах разных стран. Одно из основных направлений научной деятельности «Института проблем передачи информации им. А.А. Харкевича РАН» —информационные процессы в живых системах и биоинформатика. В Московском государственном университете им. М.И. Ломоносова создан факультет биоинженерии и биоинформации, кафедры биоинформации имеются в ряде крупных университетов России.

Информация в живых системах определяет не только свойства и содержание структур организма, но и является средством управления, организации и контроля строгой последовательности, упорядоченности и согласованности химических и физико-химических процессов, а также морфологических и физиологических изменений. Информация в живых системах во многом определяет само содержание и сущность живой материи

Рассматривая биоинформацию, как неотъемлемый элемент живой материи, выделяют «информацию структуры», передача которой в живых организмах обеспечивается адресной доставкой биомолекул, в структуре которых эта информация записана и «информацию действия», закодированную в электрических процессах нейрональных структур в соответствии с известным бинарным принципом, соответствующим физиологическому понятию «все или ничего», основанному на взаимоотношениях между локальным ответом мембраны клетки и параметрами силы раздражителя, лежащими в основе частотного принципа кодирования «информации действия» в биологических системах [72].

Многие исследователи утверждают, что без информационной оставляющей существование живого немыслимо. Все сложные функциональные, биохимические, психологические и иные процессы в живой системе осуществляются при обязательном участии информационной составляющей, управляются информационными механизмами. Материя, энергия и био-информация органично взаимосвязаны и являются категориальной основой законов единства организма и среды его жизнедеятельности.

Живые организмы обмениваются со средой обитания структурными элементами, энергией и информацией, взаимодействие между которыми существует на всех уровнях организации живой материи. Энергоинформационное обеспечение формирования структурных, функциональных, метаболических, генетических, психических и иных составляющих жизнедеятельности организма — важнейший механизм поддержания его жизненных ресурсов и возможности существования во взаимодействии со средой обитания.

Одним из наиболее обсуждаемых вопросов, связанных с проблематикой биоинформационных взаимодействий является вопрос об «энергоинформационном обмене», которому отводится очень важная роль в процессах влияния на пространственную структуру, функционирование и жизнедеятельность биологических объектов. Однако, существующие трактовки того, что является сутью этого энергоинформационного взаимодействия, какова его количественная мера очень разнятся и не вполне исчерпывающи. Ответ на вопрос о физической сущности биоэнергоинформационного обмена должен, прежде всего, разъяснить, что же является переносчиком информации в ходе энергоинформационного взаимодействия и тем самым определить его принадлежность либо к материи, либо к энергии, либо к некой третьей составляющей объективной реальности.

С позиций энергодинамики, особого вида энергообмена, который обозначается как «энергоинформационный», в природе не существует, поскольку любая форма неравновесного энергообмена содержит упорядоченную составляющую, воспринимаемую системой, как совершенная над ней работа. Таким образом, информационная составляющая имеет свой энергетический эквивалент. Выделение упорядоченной части энергообмена, которая способна вызывать в системе перестройку ее структуры, появление у нее новых функциональных возможностей и эволюцию системы в направлении ее «самоорганизации», стало возможным с распространением положений неравновесной термодинамики на процессы полезного преобразования энергии [145].

Таким образом, «энергоинформационное» воздействие является, по сути, обычным неравновесным энергообменом, включающим в себя упорядоченную составляющую, совершающую полезную работу и поддерживающую систему в неравновесном состоянии. В этой связи рассуждения об особом «информационном» взаимодействии (без передачи энергии) или энергоинформационном взаимодействии, не связанном с какими-либо формами энергии, рассматриваются как бездоказательные [144].

Саморегуляция и информационный обмен являются ведущими составляющими механизмов функционирования живых систем. Хранение, кодирование, декодирование, передача, использование генетической информации являются ключевыми во всех процессах жизнедеятельности. Наследственная информация в живых системах передается, хранится и используется в закодированной форме в виде различных биологических макромолекул и полностью определяет структурнофункциональные характеристики живой материи. Элементарный состав биологических макромолекул определяет не только морфофункциональные свойства живой материи, но и является эквивалентом информационного генетического сообщения. Все сложные биохимические, функциональные, биофизические, психологические уровни регуляции биологических процессов в живых организмах находятся под координирующим информационным контролем, а источником управляющей информации является генетическая память. Упорядоченность обмена веществ, рациональное использование пластических и энергетических ресурсов организма, обеспечение должного состояния функциональных возможностей, включая поддержание ФРО, на всех этапах онтогенеза и целенаправленной жизнедеятельности – все это результат программирующего действия генетической информации [63].

Биоинформация, связанная с генами, напрямую не участвуя в процессах жизнедеятельности и развития непосредственно, является в функционально-генетическом плане фактически «потенциальной». Действующая биоинформация связана с белками и свойствами клеток и организмов. Основную функциональную нагрузку при взаимодействии организма со средой обитания несут белки, либо в качестве структурных элементов, либо посредством своих ферментативных активностей. Информация о структуре и количестве белков, необходимых организму для жизнеобеспечения в каждый конкретный момент времени, о метаболических потребностях запускает экспрессию на генном уровне, что позволяет обеспечивать максимально быстрый и экономный запуск соответствующих метаболических путей в ответ на изменение условий внутренней и внешней среды и их «выключение» после достижения результата действия соответствующих функциональных систем. Механизмы «включения» и «выключения» генов на разных этапах реализации адаптивных реакций организма очень оперативны и точны. Это в большой мере определяется тем, что в клетках высокоразвитых организмов только 10% всех генов ответственны за синтез структурных белков и ферментов, а 90% составляют «аппарат управления» (регуляторные гены).

Регуляция метаболизма осуществляется как на генетическом, так и на биохимическом уровне. На генетическом уровне регулируется путем воздействий на экспрессию генов путем усиления или подавления транскрипции и трансляции. Регуляция метаболизма на генном уровне основана на использовании механизмов индукции и репрессии синтеза ферментов в клетках организма. Генная регуляция оказывает наиболее глубокое и эффективное воздействие на метаболические процессы, так как определяет количество и активность синтезируемых ферментов, в то время, как биохимические механизмы регуляции лишь косвенно влияют только на активность ферментов, «обеспечивая» их тонкую настройку». Индукция или репрессия синтеза ферментов происходит в ответ на воздействие определенных факторов внешней или внутренней среды организма, передающего через различные переносчики на генный уровень информацию о метаболических потребностях в каждый конкретный момент времени.

Биоинформационные взаимодействия лежат в основе всех молекулярно-биологических механизмов, начиная от считывания информации с ДНК, последующего ее перевода в белковый код и запуска катализируемых многочисленными ферментами процессов метаболизма. «В сложных биологических организмах, к которым относятся эукариоты, вся «материализация» сфокусировалась на геноме, а более предметно – на пространственно-колебательном устройстве ДНК. На ДНК сошлись воедино трехмерное и информационное пространства. Супермолекула ДНК играет двойную роль: с одной стороны, является матрицей пространственно-временной организации конкретной биосистемы, с другой – уникальным, эволюционно-сформированным коллектором информационных сигналов, способным воспринимать любой семантический знак» [57]. Информация, переносимая пептидами или белками в конкретный локус биосистемы, становится оперативной, обеспечивая интегративность всех имеющих место в этом локусе процессов, в том числе, сопряженных с клеточными мембранами лиганд - рецепторными и синаптическими взаимодействиями, контролируя «правильность» передачи информации. Информационная картина организма наиболее интегративно представлена суммой всех констелляций функциональноактивных в данный момент белков и пептидов [57].

Полагают, что информация, поступающая к определенному гену, изменяет его пространственно-колебательную структуру, что инициирует транскибирование этого гена, приводящее к синтезу пептида, который «переносит в конкретный локус мембраны, синапса, межуточной ткани или протоплазмы всю гамму колебаний генного текста, структурируя

сообразно ей жидкостную среду локуса и обеспечивая в ней «правильную», детерминированную пространственно-временную организацию молекулярных событий [57].

В ходе информационных взаимодействий в живых организмах осуществляются сложнейшие процессы передачи и переработки информации не только посредством биомолекул, но и путем переноса биологически значимой информации физическими полями. Реальная осуществимость информационных взаимодействий физических полей с биологическими системами, основана на способности хиральных физических полей стереоспецифически взаимодействовать с хиральными молекулами функционально важных биополимеров, подтверждается особенностями наблюдаемых связей в системе «Солнце — биосфера [51]. Выдвинута гипотеза о существовании информационных квантов в биосистемах, часть которых ассоциирована с молекулами или субмолекулярными частицами [57], а другие находятся в относительно свободном состоянии.

Многолетние усилия исследователей в плане лучшего понимания процессов хранения, кодирования, передачи и использования информации в целях жизнеобеспечения организма позволили сформулировать ряд теоретических построений, выдвинуть гипотезы, развить концептуальные представления об информации, как неотъемлемом элементе живой материи. К числу наиболее ярких и фундаментально значимых идей двадцатого столетия, безусловно, относится информационная концепция деятельности функциональных систем, выдвинутая академиком П.К. Анохиным. В рамках этой концепции информация, как правило, выступает главной доминантой во всех функциональных процессах той или иной системы [11; 12]. Все преобразования информации в живой системе производятся для достижения определенного биологического эффекта. Показано, что любая функциональная система, наряду с энергетической основой специальных физико-химических процессов, определяющих метаболическую потребность и ее удовлетворение, характеризуется информационным наполнением.

Достижение цели информационно-взаимодействующей функциональной системой инициируется неизменным в течение некоторого отрезка времени мотивом. На основании мотива формируется текущая цель поведения системы сначала в неопределенной форме, как задача построения динамической функциональной системы, содержащей символы операций, отношений и объемов, которые получают свои значения, только в случае достижения цели, т.е. успешного завершения динамического процесса получения полезного приспособительного результата [70]. Полезные приспособительные результаты выступают в роли системообразующего фактора становления функциональных систем разного уровня организации [11]. С этой точки зрения полезные результаты адаптивных реакций являются системообразующим фактором комплекса функциональных систем, формирующих ФРО.

Все компоненты функциональной системы взаимодействуют в процессах, обеспечивающих достижение полезного результата действия, используя механизмы передачи информации между различными блоками функциональной системы. Эти информационные потоки в рамках классической схемы функциональной системы обозначаются, как пусковая, обстановочная, обратная афферентация, а также эфферентная сигнализация, транслирующая информацию программы действия к блоку функциональной системы, реализующим само действие, направленное на получение результата действия. Информация о параметрах результата действия сопоставляется с информацией, содержащейся в акцепторе действия. При несоответствии информации о параметрах достигнутого результата действия информации, существующей в акцепторе результата действия, формируется информационный посыл в аппарат афферентного синтеза, который обеспечивает принятие нового решения, инициирующего функциональную систему на достижение должного полезного для организма в целом, приспособительного результата действия в соответствии с уточненной обстановочной афферентацией.

Возникновение и существование любой функциональной системы определяется наличием необходимых структурных, энергетических и информационных ресурсов. Достижение должного результата действия спряжено с мобилизацией этих ресурсов, а вероятность достижения этого результата определяется достаточностью мобилизуемых ФРО.

ФРО — это очень сложный многовариантный комплекс множества информационно-взаимосвязанных функциональных систем молекулярного, гомеостатического и поведенческого уровней, организованный по принципу их слаженного мультипараметрического взаимодействия, отражающего информационные взаимоотношения внешней и внутренней среды организма. Мобилизация и восстановление ФРО обеспечивается многокомпонентным взаимодействием различных функциональных систем в каждый конкретный момент времени в соответствии с потребностями жизнеобеспечения организма.

В функциональных системах постоянно циркулирует информация о потребности и о ее удовлетворении. При этом, информация на всех этапах деятельности функциональной системы сохраняется в полной мере, несмотря на смену ее носителей. Удовлетворение потребности постоянно

информационно оценивается. Представления П.К. Анохина об информационном эквиваленте результатов деятельности живых существ [12] были в дальнейшем дополнены представлениями К.В. Судакова об информационных эквивалентах потребности и удовлетворении потребности [132]. Акцепторы результатов действия выступают в роли информационных элементов функциональных систем, которые осуществляют опережающее программирование результата действия и сопоставление его с поступающей информацией о достижении того или иного адаптивного результата удовлетворения потребности. По мнению К.В. Судакова [128] «совокупная информационная деятельность разных функциональных систем, в каждой из которых обмен информацией осуществляется на основе своих специфических информационных эквивалентов составляет общую информационную среду организма». Предполагается, что ведущая роль в организации информационной среды организма принадлежит нервной, а также соединительной ткани [128]. Именно в соединительной ткани осуществляется тесное взаимодействие множества биологически активных информационных молекул: олигопептидов, гормонов, гликопротеинов, витаминов, простогландинов, иммунных комплексов и других сигнальных структур.

Парадигма системного подхода позволяет рассмотреть различные аспекты формирования функциональной организации жизнедеятельности и, в том числе, значение информационной составляющей функциональных резервов организма. Информационный подход применим к анализу формирования систем жизнеобеспечения различного уровня [119; 118; 143]. Системно-информационный подход к анализу функциональной организации резервных возможностей организма позволяет рассматривать физические параметры физиологических и метаболических процессов с позиций их информационного содержания. Теория функциональных систем, интегрируя концепции нейрофизиологии и теории информации, позволила рассматривать проблемы здоровья с системных позиций и открыла новые перспективы ранней диагностики нарушений физиологических функций человека в различных условиях жизнедеятельности [130]. Организм человека взаимодействует с внешней средой и поддерживает постоянство внутренней среды, реагируя на большой объем сигнальных воздействий, имеющих сложную информационную пространственно-временную организацию.

Толерантность к сигнальным факторам — причина снижения возможностей информационных механизмов жизнеобеспечения вследствие изменения состояния метаболических, пластических и регуляторных

процессов, а также нарушения формирования и поддержания на должном уровне ФРО. Академиком К.В. Судаковым сформулирована гипотеза о неспецифическом информационном синдроме дезинтеграции различных функциональных систем при экстремальных воздействиях на человека [129]. Дезинтеграция мультипараметрических информационных взаимоотношений различных функциональных систем гомеостатического уровня находит отражение в нарушении кросс-корреляционных отношений, проявляющихся нарушениями биоритмов висцеральных систем, сна, а также расстройством гормональной регуляции и снижением иммунитета. Неспецифический синдром дезинтеграции связей функциональных систем рассматривается как первая информационная стадия нарушения физиологических функций, которая в условиях продолжения экстремального воздействия может переходить в патологическую метаболическую стадию, ведущую к развитию хронического заболевания.

Одним из важнейших продолжений теоретического наследия академика П.К. Анохина в трудах его учеников и последователей явился системно-информационный подход при анализе процессов жизнеобеспечения [131; 137; 148; 41; 59]. Системно-информационный подход является методологической основой, отражающей информационную сущность и природу механизмов регуляции жизнедеятельности организма и позволяющей исследовать свойства системных параметров регуляторного процесса, которые «контролируются» информационным фактором [60]. Понимание информационных механизмов целесообразности функциональной системы, обеспечивающей адекватное отражение сигнальных воздействий внешней среды и достижение полезного для организма адаптивного результата к ее непрерывно изменяющимся условиям. В качестве интегральной оценочной категории организации процессов жизнедеятельности предлагается рассматривать «уровень избыточности регуляторных процессов» [61], количественная характеристика которой отражает собственно-информационное содержание функционирования различных звеньев системы. Уровень избыточности регуляторных процессов определяет организацию и позволяет оценивать состояние функциональных систем жизнеобеспечения.

Жизнедеятельность любого организма происходит в условиях непрерывного взаимодействия со средой обитания. Достижение соответствия конкретным условиям существования происходит путем адаптивных реакций организма в рамках Φ PO. Поскольку условия существования постоянно изменяются в пространстве и во времени, организм для достижения адаптивного результата должен постоянно оценивать эти изменения, иметь надлежащую готовность и способность соответствовать

им, что и составляет сущность информационной взаимосвязи организма и среды обитания. Рассматривая живой организм в его взаимодействии со средой обитания, следует иметь в виду, что для нормального функционирования организма важны не только структурно-метаболические характеристики гомеостаза, но и гомеостаза энергетического и гомеостаза информационного [58; 128].

Информация, имеющая первостепенное значение для оптимального функционирования организма, может считаться функциональной информацией, что является ее качественной характеристикой [71]. Восприятие и трансформация организмом такого информационного сигнала инициирует адекватные адаптивные реакции. На всех уровнях организации живой материи сигнальная коммуникация организменного уровня осуществляется, прежде всего, посредством специфических биологически активных молекул, занимающих ключевые позиции в регуляции разнообразных метаболических процессов, направленных на удовлетворение жизненно-необходимых потребностей организма, включая формирование его функциональных резервов. Сигнальные молекулы образуются клетками функционально взаимосвязанных нервной, иммунной и эндокринной систем. Установлено [106], что нейроэндокринная система на протяжении большей части жизненного цикла организма постоянно продуцирует сигнальные молекулы и, в том числе, гормональной природы в избыточном количестве, что рассматривается в качестве резерва, который может быть использован при определенных изменениях условий существования организма в целях информационного обеспечения срочных адаптивных реакций во всем диапазоне функциональных возможностей. Таким образом обеспечивается возможность и готовность организма поддерживать свою жизнедеятельность за пределами оптимальных условий существования при взаимодействии со средой обитания, согласно соответствующим информационным связям и функциональным резервам.

Организм человека, как и всех других живых существ, существует, благодаря полученной наследственной информации, которая управляет потоками вещества и энергии в ходе непрерывно идущих метаболических процессов. Наследственная информация — фундаментальная основа любой живой системы, определяющая ее функциональное состояние и эффективность взаимодействия с окружающей средой. Жизненно необходимые метаболические потребности являются инициирующим фактором самоорганизации функциональных систем любого уровня, мобилизующим ткани и органы посредством сигнальной информации

нервной или гуморальной природы в системе построения, обеспечивающие совокупной деятельностью входящих в нее элементов удовлетворения исходной потребности. При отклонении результата деятельности той или иной функциональной системы от уровня, обеспечивающего оптимальный для организма метаболизм, в функциональных системах формируется информационный сигнал (эквивалент) потребности, как отношение величины отклонения адаптивного результата к его уровню, оптимальному для метаболизма [132]. Механизмы саморегуляции в функциональных системах могут самостоятельно обеспечить достижение оптимального уровня метаболизма и формирование информации о метаболическом удовлетворении потребности [134]. По-видимому, именно такой метаболический механизм включается при необходимости восстановления ФРО.

Таким образом, адаптивные результаты определяют устойчивость процессов жизнедеятельности и, в первую очередь, обмена веществ живых существ [134]. Активность обмена веществ непрерывно регулируется в соответствии с потребностями организма, которые могут быть как физиологическими, т.е. в рамках поддержания процессов жизнеобеспечения в оптимальных условиях жизнедеятельности, так и при воздействии на организм факторов, «возмущающих» такие условия.

Через живую систему непрерывно протекают потоки материи и энергии, но она поддерживает устойчивую форму и обеспечивает это посредством саморегуляции. Живой организм в процессе обмена веществ претерпевает непрерывные изменения, но поддерживает свою структуру в устойчивом состоянии, далеком от равновесия, в течение продолжительных периодов времени. Такая организация живых организмов полностью соответствует теории И. Пригожина о диссипативных структурах, объединяющую две кажущиеся противоречивыми тенденции - «диссипацию» (рассеяние) и «структуру», которые сосуществуют во всех живых организмах [92; 109]. Живые организмы являются сложнейшим вариантом диссипативных структур, поглощая вещество и энергию из окружающей среды и выделяя в нее продукты своей жизнедеятельности. При этом обеспечивается понижение энтропии в организме за счет протекания биохимических реакций синтеза необходимых организму белков и других органических веществ, пополняющих его пластические и энергетические ресурсы. Диссипативными являются разнообразные пространственно-временные упорядоченные системы.

ФРО являются очевидным и безусловно очень существенным компонентом диссипативной структуры, которой является живой организм,

поскольку, как использование ФРО для обеспечения жизнедеятельности, так и их восстановление, обеспечиваются непрерывным обменом материей и энергией с окружающей средой. Динамическая трансформация ФРО в процессе жизнедеятельности в значительной мере соответствует понятию «текучее равновесие», которое ввел великий мыслитель Людвиг фон Берталанфи для обозначения живых структур, как открытых систем, зависящих от непрерывных потоков энергии и ресурсов [24].

Без информационного взаимодействия организма со средой обитания и анализа информационных параметров его функционального состояния невозможны ни мобилизация ФРО, ни их восстановление. Мобилизация и восстановление ФР происходит в ходе адаптивных реакций, инициированных изменениями среды обитания, констант внутренней среды, а также параметров функционирования органов и систем организма. Согласно теории И.Н. Пигарева [102] восстановление функциональных возможностей висцеральных систем особенно активно происходит во время сна, когда мозг обрабатывает информацию, поступающую от внутренних органов. Резко возрастающая активность практически всех корковых зон обеспечивает анализ огромного потока информации о состоянии регуляторных, метаболических, пластических процессов в органах и тканях на предмет восстановления и поддержания их функциональных возможностей на оптимальном уровне. Сказанное позволяет предположить, что именно потоки информации от висцеральных органов во время сна во многом определяют процессы восстановления ФРО. Динамические процессы формирования ФРО определяются информационными составляющими жизнеобеспечения организма в соответствии с его адаптивными потребностями и резервными возможностями.

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 пропреоцептивной 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 [138].

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. Это убедительно продемонстрировано исследованиями стрессоустойчивости у парашютистов [104]. У опытных парашютистов динамика параметров регуляторно-адаптивного статуса организма, определенного с использованием пробы сердечно-дыхательного синхронизма в условиях психоэмоционального стресса, существенно отличается от этих же показателей у начинающих парашютистов, что свидетельствет о возрастании стрессоустойчивости в процессе тренировок парашютистов. Уровень стрессоустойчивости, оцениваемый по регуляторно-адаптивному статусу, предопределен величиной индекса регуляторно-адаптивного статуса в исходном состоянии и степенью его изменения при действии стрессогенного фактора 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. Увеличение ФРО повышает устойчивость к стрессогенным факторам, физическую и психическую работоспособность [138].

Глава 2. ЗНАЧЕНИЕ ОЦЕНКИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ РЕЗЕРВОВ ОРГАНИЗМА В СОВРЕМЕННОЙ МЕДИЦИНЕ

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. В донозологическом обследовании человека основное внимание уделяется определению уровня функциональных возможностей кардиореспираторной, мышечной, центральной и автономной нервных систем, координационно-двигательных характеристик и регуляторных механизмов. Системные и интегральные показатели ФРО значимы для определения предикторов развития патологических состояний, а также для оценки эффективности индивидуальных программ реабилитации.

Оценка ФРО позволяет проводить объективный контроль выполнения программы реабилитационно-восстановительного лечения за счет количественной информации о функциональных изменениях в организме в ответ на оздоровительные мероприятия [127]. В этих целях проводят диагностику исходного состояния ФРО по данным исследования функционального состояния сердечно-сосудистой, центральной и автономной нервных систем, психоэмоционального статуса обследуемого и оценивают их динамику на фоне оздоровительных воздействий. Состояние ФРО характеризуют по показателю активностью регуляторных систем, отражающему адаптационные возможности сердечно-сосудистой системы, индексу напряжения, отражающего баланс симпатических и парасимпатических влияний, показателю функциональных резервов центральной нервной системы и интегральному показателю функциональных резервов организма.

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 2012 г.).

Исследование ФРО, донозологическая диагностика на ранних стадиях развития адаптационного синдрома и своевременная коррекция функционального состояния признаны наиболее оптимальной методологией охраны здоровья [22; 133; 93]. 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 [85].

Совершенствование методов оценки ФРО и их внедрения в практическую систему мер по охране и укреплению здоровья — один из наиболее эффективных путей увеличения потенциала здоровья здоровых и возвращения здоровья больным, а также тем, кто находится в состоянии предболезни. Мониторинг ФРО, донозологическая диагностика на ранних этапах формирования адаптационного синдрома — это наиболее оптимальный подход к своевременной коррекции нарушений функционального состояния [22; 93; 133].

В последние годы круг управленческих задач организаторов здравоохранения потребовал формализации и обобщения результатов донозологических обследований населения, так как это позволяло выявлять
лица с низким уровнем соматического здоровья и выраженными факторами риска заболеваний по отдельным системам организма. Это определило интерес органов здравоохранения к базам данных о состоянии
резервов здоровья подконтрольного населения, как информационной
основы для планирования своей деятельности в сфере проведения оздоровительно-профилактических мероприятий.

Различные уровни здоровья обусловлены различным уровнем ФРО и состоянием функциональных систем, обеспечивающих их мобилизацию в необходимых ситуациях для обеспечения адаптивных реакций. Классификация состояний здоровья в соответствии с уровнями функционального состояния и функциональных резервов может включать принципы, отражающие возможности организма по поддержанию гомеостаза, который рассматривается в качестве конечного результата деятельности различных систем, включенных в многоуровневую структуру саморегуляции жизнеспособности организма. Утверждается, что «в особенностях мультиэффекторного информационного взаимодействия функциональных систем гомеостатического уровня раскрываются наиболее ранние, прогностически значимые признаки неблагоприятных средовых влияний, донозологических состояний, а также эффекты коррекционных воздействий. Нарушенные информационные межсистемные связи могут быть восстановлены индивидуально подобранными средствами реабилитации, устраняющими

неспецифический информационный синдром дезинтеграции функциональных систем организма» [130].

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 [76].

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 [75]. Главной задачей клинико-физиологических исследований является обоснование методов диагностики ФРО, оценки адаптивных возможностей организма, подбор критериев, количественно характеризующих текущее состояние его регуляторно-адаптивного статуса, а также прогноза их изменений в ходе индивидуального жизненного пути.

Диагностика ФРО — не синоним медицинской диагностики, занимающейся распознаванием болезней, а особый вид познания, находящийся между научным знанием сущности и опознаванием единичного явления, заключающийся в распознавании, установлении и определении различных отношений, состояний, качеств и свойств организма человека.

Целью диагностики ФРО является выявление в объекте исследования состояния функциональных систем, определение величин их отклонения от оптимальных параметров и основных причин этого отклонения для выработки корригирующих воздействий на основе многостороннего анализа и оценки энергетических, информационных, пластических ресурсов организма, возможностей и напряжения регуляторных систем организма.

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. Оценка ФРО является базисом всех технологий восстановительной медицины. Уменьшение адаптивного потенциала и ФРО рассматриваются как универсальный фактор риска развития патологических состояний [22]. В этой связи приоритетной задачей восстановительной медицины является разработка методологических аспектов резервометрии 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.

Резервометрия является количественной и качественной оценкой достаточности адаптационных возможностей организма и направлена на определение способов восстановления здоровья человека и разработку технологий персонализированной коррекции функциональных резервов для их использования в целях восстановления или компенсации нарушенных функций организма. Персонализация технологий восстановительной медицины основана прежде всего на функциональном подходе, предусматривающем оценку адаптационных и функциональных резервов человека с учетом его индивидуальных особенностей и условий жизнедеятельности с целью оптимального выбора оздоровительно-реабилитационных мероприятий на основе анализа прогнозных критериев их эффективности [30; 149].

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 [62; 76].

Исследование ФР и адаптивных возможностей организма на основе анализа мультипараметрической информациии о состоянии ведущих функциональных систем в комплексе с полипараметрической донозологической диагностикой определяют методологический базис интегральной оценки уровня здоровья [124; 22; 21; 113; 87]. Здоровье, как биологическая категория, отражает свойство организма сохранять и восстанавливать функциональные резервы, обеспечивающие адаптацию к меняющимся условиям среды и деятельности [111]. Изучение механизмов формирования ФРО и их роли в сохранении и совершенствовании здоровья здорового человека является одной из ведущих задач физиологии, как науки [138]. При качественной и количественной оценке резервов здоровья используется нормоцентрический подход, отличающийся от нозоцентрического, характерного для клинической медицины [117].

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 [6]. 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 [13; 37]. В процессе реализации адаптивных реакций организма переход от одного функционального состояния к другому происходит в результате изменения уровня функщиональной 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 [5]. Чем ФРО меньше, тем большее напряжение механизмов регуляции необходимо для поддержания гомеостаза. Напряжение регуляторных механизмов свидетельствует о мобилизации резервных возможностей, а недостаточная адаптация указывает на перенапряжение с последующим истощением функциональных возможностей и регуляторных механизмов.

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 [19].

Оценка ФРО, как правило, осуществляется при использовании стандартных нагрузочных проб, а их результаты носят, прежде всего, прогностический характер. В настоящее время известно довольно много функциональных нагрузочных тестов, однако, их выбор для использования при донозологических обследованиях населения весьма ограничен. Это связано с тем, что многим людям старшего возраста противопоказаны пробы с физическими нагрузками.

Глава 3. СУЩЕСТВУЮЩИЕ МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ РЕЗЕРВОВ ОРГАНИЗМА

Анализ существующих методологических подходов к оценке ФРО показал, что данная крайне сложная проблема на протяжении достаточно длительного времени вызывает интерес у многих специалистов различных областей знания.

Развитие методологии оценки ФРО — важнейшее научное направление на стыке клинической физиологии, восстановительной медицины и функциональной диагностики [73]. 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 [27; 28].

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.

В методологии резервометрии ФРО 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 условий жизнедеятельности так и при проведении различных функциональных нагрузочных проб [26].

Разработка методологических аспектов оценки ФРО является базовым компонентом сохранения и формирования здоровья человека [113; 26; 73; 97].

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 [110].

Проблема поиска границ функциональных сдвигов в процессе труда неразрывно взаимосвязана с оценкой диапазонов функциональных возможностей человека. 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 висцеральный систем и резервные возможности регуляторных систем организма [140].

Количественная оценка ФРО при этом определяется тем, насколько их состояние обеспечивает эффективность и безопасность труда, то есть по существу, при этом исследуются функциональные резервы профессиональной работоспособности человека. Количественные характеристики являются основой для формализации и построения прогностических моделей, использованных в компьютерных технологиях медицинского контроля за состоянием функциональных резервов, позволяющих оценить степень расходования и восстановления функциональных резервов. Оценка и прогноз состояния функциональных резервов осуществляется с использованием пакета прикладных программ, реализующих специальные алгоритмы анализа сигналов, построения интегральных оценок и моделей прогноза.

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.

В настоящее время существует несколько методологических подходов к оценке ФРО, разработанных отечественными учеными. В девяностых годах XX столетия Р.М. Баевский и А.П. Берсенева [22] в рамках концепции о сердечно-сосудистой системе как индикаторе адаптивных реакций всего организма, обосновали методологию косвенной оценки ФРО, базирующуюся на сопоставлении двух измеряемых показателей — уровня функционирования сердечно-сосудистой системы и степени напряжения регуляторных систем.

Концептуальная основа методологии оценки ФРО по данным анализа функционирования сердечно-сосудистой системы 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. Принять 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 [5], 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 [22].

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 [19].

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 [98; 114; 19]. Этот метод позволяет охарактеризовать функциональное состояние организма на основании построения кардиоинтервалограммы и последующем анализе полученных числовых рядов математическими методами. Анализ вериабельности сердечного ритма (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 функциональными резервами. В качестве примера такого взаимодействия часто рассматриваются респираторно-кардиальные отношения. Характер взаимодействия ритмов сердца и дыхания — один из наиболее значимых и прогностически надежных индикаторов резервных возможностей организма. Наиболее доступным для измерения и анализа показателем является степень синхронизации и коэффициент кросс-корреляционных отношений между ритмом дыхания и частотой сердечных сокращений.

Взаимодействие функциональных систем в организме, обеспечивающее достижение максимального адаптационно-приспособительного результата, осуществляется на основе синхронизации ритмов их деятельности. Уровень взаимодействия (синхронизации) ритмических функций сердца и дыхания рассматривается в качестве критерия оценки адаптационных возможностей организма, точно и надежно отражающего характер взаимосвязей функциональных систем гомеостатического уровня, а их десинхронизация указывает на нарушение функционального состояния организма и свидетельствует о снижении его приспособительных резервов [49]. Показано, что кросс-корреляционные соотношения частоты дыхания и частоты сокращений сердца являются объективным показателем психоэмоционального состояния человека в различных условиях его жизнедеятельности [130].

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 «кардиореспираторной системы» получило широкое распростаранение не только в физиологии, но и в клинической медицине [4; 19; 49; 103; 127; 134]. Под кардиореспираторной системой понимают функциональное взаимодействие сердечно-сосудистой системы и дыхательной системы, направленное на обеспечение текущих процессов жизнеобеспечения организма. По мнению Ю.С. Ванюшина и Ф.Г. Ситдикова [35] кардиореспираторную систему следует отнести к постоянно существующим частным функциональным системам. Н.А. Агаджанян с соавт. [1] указывают, что кардиореспираторная система является «...универсальным индикатором функциональных резервов и адаптивных функций организма...».

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 [103].

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 — респираторнокардиальный коэффициент и программное обеспечение для его расчета [47; 49]. 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 [115]. 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) [169].

Индуцирование 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 [103; 105]. 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 (PAC), 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 [104]. Это подтверждено большим пулом исследований у людей различного возраста при различных функциональных состояниях и разнообразных патологических состояниях [103].

Оценка кардиореспираторного сопряжения по данным одновременной регистрации электрокардиограммы и пневмограммы с последующим анализом вариабельности сердечного ритма, функции внешнего дыхания и расчетом уровня кардиореспираторной синхронизации позволяет охарактеризовать состояние кардиореспираторной системы [84]. 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 [127; 19].

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 бал 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 [123]. 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, РWC 170), оценку зрительно-моторной реакции по Лоскутовой и психо-эмоционального статуса по Люшеру, тест дифференциальной самооценки (САН). исследование личностной и реактивной тревожности по тесту Спилбергера. Интерпретация результатов осуществляется с учетом возраста и гендерной принадлежности испытуемых, роста, веса, параметров артериального давления, уровня физической активности, характера питания, наличия вредных привычек. Возможно проведение как отдельных обследований, так и отслеживание изменения ФРО во времени, что позволяет мониторировать состояние здоровья [127; 124].

Большие перспективы имеют полипараметрические информационные технологии оценки функционального состояния и функциональных резервов организма методологической основой которых является комплексный системный информационный симметрийный подход к определению соотношений параметров, которые выступают как новые диагностические признаки, дополняющие общепринятую в функциональной диагностике трактовку результатов электрофизиологических исследований на основе анализа полученных абсолютных величин [48]. Применение функционально-диагностических методов с полиграфической регистрацией физиологических функций, матричным описанием состояния организма на основе унифицированного набора параметров физиологических функций и с использованием визуализированных графических методов анализа получаемых данных позволяют проводить прямой клинико-физиологический контроль результатов многомерных физиологических исследований и осуществлять математический анализ соотношения параметров различных функций. Это определяет возможности количественной оценки информационных межсистемных связей в организме, так и между параметрами внутри физиологических систем. Полипараметрические технологии позволяют выявлять донозологические нарушения функционального состояния организма, проводить мониторинг кардиореспираторной системы и оценивать эффективность реабилитационных мероприятий.

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 [101]. Стремительное развитие информационных технологий и бум создания мобильных устройств, предназначенных для регулярного отслеживания данных о здоровье человека и результатов контроля пользователями системной информацией о состоянии своего организма на основании автоматизированной обработки результатов мониторинга параметров основных функциональных систем, позволило многим людям изменить их подход к собственному здоровью.

По данным современных аналитических исследований, около 20% людей, следящих за своим состоянием, делают это с помощью информационных технологий, позволяющих осуществлять функциональный мониторинг организма.

Сфера интересов каждого человека, желающего получить объективную оценку состояния своего здоровья, узнать уровень защищенности организма от негативных факторов внешней среды (всплесков солнечной активности, перепадов атмосферного давления, влажности, температуры и др.) включает желание получить проект индивидуальной оздоровительной программы, целеориентированной на укрепление здоровья.

Разработан комплекс, реализующий информационные технологии мониторинга функциональных и адаптивных резервов организма человека на основе использования гаджетов, датчиков и сети интернет. Разработан и реализован интернет-сервис количественной и качественной оценки психо-физиологического 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. Данные регистрируются посредством специального датчика Polar H7, использующего беспроводную технологию передачи данных на смартфон и ноутбук, где они агрегируются с использованием защищенного протокола передачи данных и через сеть интернет транслируются на центральный сервер. Все данные, региструемые в покое, во время обычной двигательной активности (ходьба, прогулка) или при физических нагрузках (бег, езда на велосипеде, плавание), аккумулируются мобильным устройством для дальнейшего их сравнительного анализа оценки функциональных и адаптивных резервов организма и разработки рекомендаций по коррекции состояния здоровья пользователя.

Информационные технологии изучения функциональных резервов организма на основе мониторинга ряда его функциональных параметров обеспечивают мотивацию пользователей регулярно отслеживать данные о состояния 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 в настоящее время являются самой быстроразвивающейся категорией в сфере информационных технологий. Методологическая новизна предлагаемого подхода оценки ресурсов здоровья, определяемых функциональными резервами организма, состоит в использовании современных технологий и средств с поддержкой сети интернет, позволяющих использовать возможности сохранения и укрепления здоровья посредством мониторинга психофизиологического состояния человека.

Глава 4. ПРИНЦИПЫ, СПОСОБЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ РЕЗЕРВОВ ОРГАНИЗМА

Вместе с развитием методологических подходов оценки ФРО разрабатывались и конкретные методы их практической реализации.

Одним из ключевых компонентов оценки ФРО является определение состояния функциональных систем организма, которое в рамках существующих методологических подходов проводится с использованием различных нагрузочных тестов. При этом исследуется способность организма достигать определенного уровня функционирования в заданных условиях. В этой связи широкое распространение получил наиболее простой функциональный тест — активная ортостатическая проба, позволяющая оценивать функциональные резервы системы регуляции кровообращения, что в рамках концепции о сердечно-сосудистой системе, как индикаторе адаптационных реакций всего организма можно считать достаточным для формирования представлений о состоянии ФР целого организма.

Центральным вопросом оценки функциональных резервов целого организма и его отдельных физиологических систем, обеспечивающих активную жизнедеятельность человека, нивелирование негативных влияний внешней среды и сохраняющих гомеостаз в заданных природой границах, является выбор адекватных тестовых процедур и способов регистрации наиболее информативных показателей, отражающих резервные возможности конкретной физиологической системы или одновременно нескольких систем.

Обоснование оптимального комплекса функциональных тестов и соответствующих шкал и нормативов их оценки очень необходимы для современной медицины и, в первую очередь, для врачей функциональной диагностики, терапевтов, неврологов, а также специалистов в области спортивной и восстановительной медицины. Это позволит клиницистам использовать современные представления о функциональных резервах, которыми должен обладать человек на разных этапах онтогенеза, в практической деятельности.

На фоне экологических проблем, малоподвижного образа жизни, алиментарных реалий значительной части населения, уровня стрессовой нагрузки в современных обстоятельствах такие функциональные тесты и тестовые комплексы, а также возрастные нормативы функциональных резервов организма должны выполнять роль целевых ориентиров в контроле и управлении процессом охраны и укрепления здоровья.

Адаптационные возможности организма, по мнению Р.М. Баевского и А.П. Берсеневой [21] — главный показатель уровня здоровья, содержащий как оценку текущего функционального состояния, так и прогноз на будущее. Текущее состояние можно оценить по степени адаптации к условиям окружающей среды, а поскольку степень адаптации определяется ответной реакцией организма на воздействие окружающей среды в данный конкретный момент, то в такой оценке содержится и прогностический компонент. Текущее состояние организма — это сиюминутный баланс между организмом и средой, определяющийся запасом функциональных резервов [21]. Их достаточность характеризуется степенью напряжения регуляторных систем организма в данный момент его жизнедеятельности.

Оценка адаптационного потенциала организма связана с проведением функционального тестирования, которое состоит в предъявлении организму определенного набора функциональных нагрузок, сопряженных с мобилизацией функциональных резервов. Для оценки адаптационных возможностей организма и его функциональных резервов используют нагрузочные пробы для разных функциональных систем организма. Наиболее адекватные и информативные нагрузочные пробы для оценки ФРО и его адаптационных возможностей включают ортостатические нагрузки, дыхательные пробы, физические нагрузки и умственные нагрузки [21].

Однако «при функциональном тестировании оценены могут быть лишь мобилизуемые резервы, тогда как немобилизуемая часть резервов оценена быть не может» [79]. К решению этой проблемы существуют различные подходы. ФРО можно оценить по результатам целостной деятельности человека, направленной на достижение конкретной цели. Это может быть, например, работа с максимальной интенсивностью до произвольного отказа. Оценка ФРО может производиться и на основе определения диапазона функций органа, системы органов и целостного организма в различных условиях напряженной деятельности и при воздействии на организм различных факторов [79]. Согласно концепции В.В. Парина и Ф.З. Меерсона резерв органа или системы органов может быть количественно охарактеризован разностью между максимально достижимым уровнем их функционирования и уровнем этих функций в условиях относительного физиологического покоя [99].

На основании концепции о роли сердечно-сосудистой системы как индикатора адаптационных реакций целостного организма [21], был разработан метод анализа вариабельности сердечного ритма (ВСР), широко используемый в физиологии и различных областях медицины.

Анализ вариабельности сердечного ритма является интегральным методом оценки состояния механизмов регуляции физиологических функций в организме человека, позволяющим охарактеризовать общую активность регуляторных механизмов, нейрогуморальную регуляцию сердца, соотношение между парасимпатическим и симпатическим отделами нервной системы. Текущая активность симпатического и парасимпатического отделов является результатом многоконтурной и многоуровневой реакции системы регуляции сердечно-сосудистой системы, изменяющей во времени свои параметры для достижения оптимального приспособительного ответа, отражающего адаптационную реакцию всего организма. Метод основан на распознавании и измерении временных параметров R-R интервалов на электрокардиограмме, построении динамических рядов кардиоинтервалограммы и последующего анализа полученных числовых рядов различными математическими методами [19; 86].

Среди последних можно выделить статистический и временной анализ, анализ коротких участков ритмограммы по Г.В. Рябыкиной с соавторами [114], геометрические методы (в частности, вариационная пульсометрия по Р.М. Баевскому, анализ скаттерограммы, методы триангулярной интерполяции), спектральный анализ волновой структуры ритма, автокорреляционный анализ, нелинейные методы. Важно, что перечисленные методы анализа ВСР относятся только к синусовому ритму, не искаженному различными нарушениями ритма или проводимости. Дело в том, что нерегулярность несинусовых ритмов (предсердные, из АВ-соединения, миграция наджелудочкового водителя ритма, идиовентрикулярный, фибрилляция и трепетание предсердий) имеет другую природу, а встречающаяся очень часто экстрасистолия существенно изменяет ритмограмму как за счет самих преждевременных комплексов, так и влияния на автоматизм синусового узла через посредство барорефлекса.

За последние десятилетия получено много доказательств связи между состоянием вегетативной регуляции ритма сердца и смертностью от сердечно-сосудистых заболеваний [172]. Кроме того, изменениями ВСР сопровождаются различные кардиальные и некардиальные заболевания. Так, в острой фазе инфаркта миокарда снижение суточной SDNN коррелирует с развитием дисфункции левого желудочка, пиковым значением креатинкиназы и классом острой сердечной недостаточности по Killip [155].

У пациентов с хронической сердечной недостаточностью наблюдается устойчивое снижение ВСР [165; 162; 150; 154; 167; 163; 166; 160]. У больных, недавно перенесших пересадку сердца, регистрируется выраженное снижение ВСР без отчетливого выделения спектральных компонентов [158; 153; 170]. У больных сахарным диабетом снижение ВСР может предварять клинические проявления диабетической вегетативной нейропатии [156; 164; 168; 158; 152].

Как отмечалось выше, наличие желудочковых экстрасистол мешает анализу ВСР. С другой стороны, их наличие выявляет другой феномен, связанный с вегетативно опосредованными влияниями на синусовый ритм. Так, было замечено, что после желудочковых экстрасистол наблюдаются кратковременные колебания продолжительности синусового цикла (интервала RR): обычно сразу после экстрасистолы частота синусового ритма несколько увеличивается, а затем уменьшается, возвращаясь к исходным значениям. Этот феномен был описан G. Schmidt с соавторами в 1999 году [171] и получил название турбулентности сердечного ритма (TCP). Группой G. Schmidt были предложены два количественных показателя: начало турбулентности (turbulenceonset — TO) и наклон турбулентности (turbulenceslope — TS), первый из которых характеризует фазу ускорения синусового ритма, а второй — фазу его замедления.

Физиологическое объяснение феномену ТСР следующее: желудочковая ЭС в силу ряда причин (асинхронизм сокращения левого желудочка, укорочение фазы раннего заполнения желудочков вследствие преждевременности экстрасистолы, отсутствие «предсердной добавки») сопровождается уменьшением ударного объема левого желудочка, что приводит к кратковременному снижению системного артериального давления и через аортальные и каротидные барорецепторы и барорефлекторную дугу — к кратковременному ускорению синусового ритма. Последнее вновь повышает системное артериальное давление, что через тот же барорефлекторный механизм приводит к замедлению синусового ритма.

Таким образом анализ ТСР представляет собой достаточно оригинальный неинвазивный способ оценки чувствительности барорефлекса. Поскольку значение снижения барорефлекторной чувствительности как предиктора повышения риска тяжелых аритмических событий (внезапная смерть, успешная реанимация при фибрилляции желудочков, устойчивая желудочковая тахикардия) у пациентов, перенесших инфаркт миокарда, было доказано ранее [161; 159], было бы логичным ожидать аналогичной значимости нарушения ТСР у лиц с перенесенным инфарктом миокарда, что и было показано [171; 159; 151]. Нами [67; 66] было показано, что ненормальные показатели ТО и ТЅ как каждый в отдельности, так и (особенно) в комбинации могут выступать в роли предикторов трансформации высокого нормального артериального давления в артериальную гипертонию в течение ближайших 5 лет. Данный пример также может служить иллюстрацией того, что патологические значения показателей ТСР, по-видимому, свидетельствуют о снижении ФРО в отношении противостояния вазопрессорным механизмам, что в итоге и приводит к трансформации преморбидного состояния — высокого нормального артериального давления— в болезнь — артериальную гипертонию.

На представлениях о том, что основным показателем функционального состояния организма являются показатели сердечной деятельности, определяющие уровень функциональных резервов организма в целом базируется способ оценки ФР организма детей и подростков [139]. Этот способ включает последовательное проведение трех функциональных проб: координаторной, Мартине-Кушелевского, Генчи. На основании полученных данных определяют тип реакции организма на нагрузку, рассчитывают ряд дополнительных показателей — степень напряжения организма к нагрузке, индекс сердечной деятельности, индексы всех трех функциональных проб. По величине отношения суммы индексов по каждой пробе к количеству проб осуществляют оценку уровня функциональных резервов организма.

Одним из способов оценки функциональных резервов организма, основанном на анализе показателей функционального состояния двух важнейших систем жизнеобеспечения - сердечно-сосудистой и дыхательной является способ, основанный на учете разноплановых физиологических показателей. Это позволяет многосторонне и объективно определить состояние функциональных резервов и проводить раннюю доклиническую диагностику патологических состояний [146]. Данный способ включает проведение нагрузочного гипоксического 10-минутного теста с использованием обедненных (до 10-11%) кислородом нормобарических газовых смесей и фиксации времени реоксигенации с одновременной минутной регистрацией значений ряда физиологических параметров - частоты дыхания, частоты сердечных сокращений, систолического и диастолического артериального давления, насыщение кислородом артериальной крови и расчетом коэффициента функциональных отклонении, по величине которых определяют уровень функциональных резервов организма в градациях: оптимальный уровень ΦP — уменьшение ΦP — истощение ΦP .

Существует способ оценки резервных возможностей организма человека, включающий анализ ВРС, определение показателя активности

его регуляторных систем и определение возможного его увеличения, измерение показателей дыхания в покое и максимальную вентиляцию легких [39]. По отношению разности значений максимальной вентиляции легких и минутного объема дыхания в покое к значению максимальной вентиляции легких определяют коэффициент резерва дыхания и показатель резервных возможностей организма человека.

Объективная информация о функциональном состоянии и функциональных резервах организма может быть получена на основе пробы сердечно-дыхательного синхронизма у человека, которая проводится с соблюдением ряда условий. Испытуемому подробно объясняют цель исследования и порядок его выполнения, а также обучают правильному выполнению действий при проведении тестирования. Проведение пробы сердечно-дыхательного синхронизма включает синхронную регистрацию электрокардиограммы, пневмограммы и отметку подачи сигнала, задающего частоту дыхания испытуемого. Основная цель каждого тестирования – установить наличие синхронизации между заданным ритмом дыхания и ритмом сердечных сокращений, то есть состояния при котором каждому дыхательному циклу соответствует одно сокращение сердца. Это устанавливается измерением интервала R-R-электрокардиограммы, интервала между идентичными элементами пневмограммы, а также интервала между отметками момента предъявления испытуемому раздражителя, задающего ритм дыхания с последующим анализом всех фиксируемых параметров. Если все названные интервалы равны между собой, то констатируется факт наличия сердечно-дыхательного синхронизма.

Детальное описание техники проведения пробы и устройств используемых для определения сердечно-дыхательного синхронизма у человека приведено в монографии «Сердечно-дыхательный синхронизм в оценке регуляторно-адаптивных возможностей организма», изданной под редакцией профессора В.М. Покровского. В этой же монографии представлена методология оценки регуляторно-адаптивного статуса организма по выраженности изменений параметров сердечно-дыхательного синхронизма на основе количественного анализа результатов тестирования. Высокая информативность пробы сердечно-дыхательного синхронизма в оценке функционального состояния организма по параметрам регуляторно-адаптивного статуса, а также возможность рассматривать расчетный индекс регуляторно-адаптивного статуса, как показатель количественной интегральной оценки его функциональных резервов, объясняют большой интерес к этому новому направлению в клинической физиологии [108].

Учет функционального состояния двух функциональных систем — сердечно-сосудистой и дыхательной составил основу «Способа определения функциональных резервов регуляции кардиореспираторной системы человека» [20]. Данный способ позволяет оценить функциональные резервы организма на основе определения ФР кардиореспираторной системы человека путем регистрации ритма сердца по ЭКГ и скорости капиллярного кровотока пальца руки, одновременной регистрации скорости воздушного потока при дыхании.

Анализ полученных показателей включает длительность кардиоинтервалов, скорость пульсовой волны, длительность дыхательного цикла. По степени и коэффициентам их взаимной корреляции вычисляют степень синхронизации параметров сердечной деятельности и дыхания и модуль среднего коэффициента взаимной корреляции. Исследование осуществляют в три этапа. На первом — в условиях покоя, на втором — при заданном темпе дыхания, равном 6 дыханиям в минуту, а на третьем — при пробах с максимальной задержкой дыхания на вдохе и выдохе. ФР механизмов регуляции кардиореспираторной системы определяют по реакции на функциональные тесты с различным режимом дыхания.

На основе критерия кардиореспираторной синхронизации предложен способ определения оптимального режима нагрузочного тестирования для оценки функционального статуса и функциональных резервов организма [47].

Известен «Способ оценки функциональных резервов организма человека» [29], позволяющий получать количественную интегральную оценку функциональных резервов человека по данным исследования сердечно-сосудистой и дыхательной систем в покое и при проведении нагрузочной пробы Мартине, результатов психофизиологических тестов, антропометрических измерений, оценки уровня глюкозы и холестерина в крови, данных анкетирования обследуемых. Полученную информацию обрабатывают с использованием комплекса алгоритмов и результаты приводят в 10-бальную четырехуровневую шкалу, по которой интерпретируется количественная оценка функциональных резервов. На основе данного способа разработана диагностическая технология и АПК «Резервы здоровья», включающая программный модуль оценки функциональных резервов [149].

Исследование функционального состояния отдельных органов и систем недостаточно для комплексной оценки функционального состояния целостного организма, его адаптивных возможностей и функциональных резервов. Авторами этого утверждения был предложен способ

оценки функционального состояния лиц, работающих в стрессорных условиях [96], позволяющий определять адаптационные возможности организма, степень напряжения и функциональные резервы регуляторных систем. Предложенный способ объединяет в единый комплекс со взаимосогласованными критериями оценки клинико-физиологическое исследование уровня функционирования сердечно-сосудистой системы, степени напряжения регуляторных систем (по анализу ВРС), функциональных резервов регуляторных систем по данным исследования кардиореспираторной системы с использованием функциональной пробы с фиксированным темпом дыхания и задержкой дыхания при одновременной регистрации пневмотахограммы и электрокардиограммы и психофизиологическое тестирование скорости зрительно-моторных реакций при последовательных предъявлениях сигнала. Способ позволяет выявлять ранние признаки напряжения регуляторных систем организма и снижение их функционального резерва.

Оценка функциональных резервов организма по способу, предложенному И.А. Курниковой [78] производится на основании количественных критериев, характеризующих индивидуальные особенности организма — частоты пульса, систолического и диастолического артериального давления и массы тела. Полученные фактические данные, как и «идеальные», специально рассчитываемые величины этих же показателей для расчета показателя адаптационного соответствия, по величине которого оценивают функциональные резервы организма.

Понятие о ФРО как о важнейшей составляющей оценки состояния организма, на первый взгляд аналогично представлениям о функциональных возможностях, но на самом деле, функциональные резервы и функциональные возможности — это не одно и то же. Функциональные возможности — это понятие диагностическое, отражающее результат функциональной пробы, по которому судят о способности или неспособности организма к выполнению заданной нагрузки. Уровень функциональных возможностей, зафиксированный по итогам нагрузочной пробы, определяется реализованным в заданных условиях функциональным резервом, но не свидетельствует о его полном использовании.

Исследование ФРО, составляющих основу физического и психического здоровья человека, проводится с использованием различных функциональных проб. Реакции организма при нагрузочном тестировании определяются состоянием его функциональных систем, механизмов саморегуляции и уровнем нагрузочной толерантности(выносливости), которые во многом зависят отФРО.

При любом тестировании физиологических реакций организма мобилизуется лишь часть функциональных резервов и прямая их оценка невозможна. Поэтому в этих целях используются косвенные методы в виде дозированных и предельных физических нагрузок с регистрацией различных показателей функционального состояния организма (ЧСС, потребление кислорода, секреция биологически активных веществ, биопотенциалы и пр.).

Исследование ФРО при нагрузочных пробах дает возможность выявить его «слабые места» и оценить адаптационные возможности. В клинической физиологии и функциональной диагностике используется множество различных нагрузочных проб с целью определения функциональных возможностей организма или его отдельных систем. При этом исследуется способность организма или какой-либо его системы достигать определенного уровня функционирования при заданных условиях.

Пробы с физической нагрузкой как наиболее физиологичные и информативные, используются чаще других. Наибольшую практическую значимость имеют хорошо обоснованные теоретически, детально изученные и широко применяемые пробы с физической нагрузкой, выполняемые под контролем ЭКГ. Стандартизированные пробы с физической нагрузкой применяются с самыми разнообразными целями как в функциональной диагностике многих заболеваний, так и при решении клинико-физиологических задач и прежде всего для оценки функциональных резервных возможностей организма человека.

Физиологическое обоснование их применения базируется на существующих представлениях о механизмах функционирования различных систем организма. Физическая нагрузка является естественным фактором изменяющим функциональное состояние организма. Регистрация и измерение отдельных параметров этого изменения позволяет оценить состояние физиологических регуляторно-адаптивных возможностей организма, а также выявить степень функциональной неполноценности его отдельных органов и систем.

Для выявления диапазона ФРО обычно применяют кратковременные, интенсивные, строго дозированные физические и умственные нагрузки. Основная проблема при выполнении нагрузочных проб — неточности при дозировании нагрузки. Это, в первую очередь, относится к тестам, где в качестве нагрузок используется бег на месте или приседания. В этой связи нагрузки, применяемые в двигательных пробах, должны быть такими, чтобы можно было в дальнейшем их точно повторить. Должна существовать возможность дозировать интенсивность нагрузки в необходимых пределах, а сама нагрузочная проба должна быть

достаточно простой, не требующей особых двигательных навыков или высокой координации движений [25]. Наиболее целесообразно использование нагрузочных тестов, при выполнении которых учет регистрируемых показателей возможен во время выполнения физической нагрузки.

В рамках данной монографии не представляется возможным дать детальное описание методик проведения функциональных нагрузочных тестов. Этому посвящен целый ряд многостраничных монографий, руководств и иных изданий в которых представлено множество различных функциональных проб, дается их физиологическое обоснование, представлено клинико-диагностическое значение, описаны методики их выполнения, применяемые методы контроля, интерпретация результатов, обеспечение безопасности выполнения исследований. Некоторые из этих литературных источников приведены в перечне списка литературы [48; 87; 18; 7; 8; 23; 38; 54; 56; 50; 94; 135].

В этой связи мы ограничились изложением принципов основных функциональных исследований с использованием нагрузочных тестов, а также их возможностей в оценке функциональных резервов организма.

Физиологической основой нагрузочных проб является повышение общего потребления кислорода в результате увеличения легочной вентиляции и минутного объема кровообращения. Рост потребления кислорода тканями обеспечивает усиление окислительно-восстановительных процессов и клеточного метаболизма, повышение энергозатрат организма. Возможность увеличения потребления кислорода определяется функционированием дыхательной системы, состоянием системы транспорта кислорода и способностью его использования тканями. Повышение легочной вентиляции и диффузии обеспечивает увеличение потребления кислорода системой внешнего дыхания, а транспорт кислорода определяется функционированием сердечно-сосудистой системы и кислородной емкостью крови. Увеличение минутного объема кровообращения при физической нагрузке обеспечивается, в основном, за счет возрастания ЧСС, которая находится в линейной зависимости от мощности нагрузки и прямо пропорциональна потреблению кислорода.

Кровообращение и дыхание функционально так тесно связаны между собой, что при попытке представить раздельно функциональную способность сердца и легких и понять их регуляторные механизмы, возникают большие трудности. Изменение функционального состояния одной из этих систем вызывают, как правило, более или менее выраженные изменения другой. В этой связи значительная часть проб с нагрузкой является функциональным исследованием как сердечнососудистой, так и дыхательной систем.

Функциональные нагрузочные пробы целесообразно проводить у лиц групп риска периодически раз в год. При повторном проведении нагрузочных проб необходимо учитывать индивидуальные особенности состояния испытуемого, а сами исследования должны выполняться по единой методике и в одинаковых условиях. Несоблюдение этих правил может существенно затруднить объективную оценку выявленных изменений.

Перед началом исследования собирают анамнез жизни, уточняют характер двигательной активности, сроков и особенностей перенесенных заболеваний; проводят антропометрию, измеряют АД и ЧСС. Выполняют физикальное обследование для исключения противопоказаний к нагрузочной пробе, а также выявления таких клинических признаков как сердечные шумы, хрипы и свистящие звуки в легких, аритмии. За 12—24 часа до исследования рекомендуют избегать больших физических нагрузок и физического переутомления. Если показания к проведению нагрузочной пробы не совсем ясны и вызывают сомнения, необходимо уточнить целесообразность проведения исследования с лечащим врачом. Окружающая обстановка при проведении теста должна быть спокойной, отношение персонала — доброжелательное, обследуемый должен быть уверен в безопасности исследования.

Исследование проводится в отдельном помещении при отсутствии шума, яркого света и специфического запаха. Не допускаются разговоры с обследуемым, помимо необходимых в процессе выполнения тестов. Перед началом каждого исследования должен быть задан вопрос о наличии жалоб на самочувствие или их отсутствие. Наличие жалоб, требующих немедленного осмотра клинициста, является противопоказанием к проведению исследования.

Рекомендуется выполнять функциональные нагрузочные пробы через 1,5—2 часа после легкого завтрака при температуре в помещении 18—22°С. Накануне исследования исключается употребление испытуемым алкоголя, крепкого кофе и чая, а за час до проведения пробы запрещается курение. Нагрузочные пробы при диагностическом исследовании у лиц с подозрением на ишемическую болезнь сердца проводят на «чистом» фоне, то есть в условиях, исключающих влияние на результаты пробы лекарственных препаратов и других факторов. У обследуемых за 6—8 часов до проведения нагрузочного теста отменяют нитраты, за 5—7 суток — гликозиды, за 2 суток — диуретики, бета-адреноблокаторы, гипотензивные средства.

Определение толерантности к физической нагрузке у больных с ишемической болезнью сердца проводят на фоне медикаментозной терапии (бета-блокаторы). При этом, предельно допустимая частота

сокращений — не более 110 ударов в минуту, а систолическое артериальное давление — не выше 190 мм рт. ст. Тщательный мониторинг артериального давления, частоты сердечных сокращений, электрокардиографических показателей необходим во время исследования на каждой ступени физической нагрузки и после завершения пробы. Особенно важно четко следовать критериям прекращения пробы.

Выполнение функциональных исследований, включающих нагрузочные пробы, должно проводиться врачом, владеющим методикой электрокардиографии и прошедшим специальную подготовку по неотложной кардиологии. При выполнении нагрузочных проб необходимо присутствие медсестры, а в помещении, где проводится исследование, должны быть электрокардиограф, дефибриллятор, портативный респиратор для ИВЛ, стерильные шприцы с иглами и фармпрепараты для оказания неотложной помощи в случае проявления неблагоприятных клинических, гемодинамических, электрокардиографических признаков, указывающих на возможное развитие осложнений.

Обязательным условием всех нагрузочных тестов является точность выполнения и добровольное участие в нем обследуемого, от «доброй воли» и честного сотрудничества которого в значительной мере зависит успех большинства функциональных проб. Хороший контакт обследуемого и врача очень важен для качественного выполнения исследований с использованием нагрузочных тестов. Желательно получить информированное согласие обследуемого на проведение исследования.

Основные задачи проведения функциональных нагрузочных проб

- 1. Оценка функциональных резервов и адаптационного потенциала обследуемого.
 - 2. Получение диагностической и прогностически-значимой информации.
- 3. Выявление возможных неадекватных реакций при различных внешних воздействиях.
- 4. Выбор оптимальных персонализированных физических нагрузок и адекватной медикаментозной тактики.

Требования, предъявляемые к функциональным нагрузочным тестам

- 1. Нагрузочная проба, применяемая в целях оценки ФРО, должна вызывать устойчивые изменения функционирования исследуемой системы, т.е. быть специфичной и адекватной возможностям этой функциональной системы.
 - 2. Проба должна быть эквивалентной нагрузкам в жизненных условиях.

- 3. Проба должна быть воспроизводимой, точно дозируемой и стандартизированной.
- 4. Проба должна быть надежной и объективной, то есть результаты исследования одного и того же испытуемого, проведенные через интервал времени, в течение которого полностью нивелируются последствия ранее выполненного теста, должны быть соизмеримыми. При повторном проведении нагрузочных проб следует применять одинаковые условия для проведения проб, что обеспечивает сравнимость полученных результатов.
 - 5. Проба должна быть безвредной и безопасной для здоровья испытуемого.
- 6. Проба должна быть информативной (валидной), т.е. обладать должной степенью точности, с которой измеряются результаты тестирования. Наиболее информативны тесты, для которых имеется количественная шкала оценки или нормативов, то есть так называемых должных величин.
- 7. Всемирная организация здравоохранения рекомендует придерживаться ряда требований, предъявляемых к нагрузочным тестам:
- результаты тестирования должны подлежать количественному измерению;
 - пробы не должны содержать сложнокоординированных движений;
- в ходе выполнения теста в работу должно вовлекаться не менее
 мышечной массы и обеспечиваться заданная интенсивность работы физиологических систем:
- в ходе выполнения теста должна быть обеспечена возможность регистрации исследуемых физиологических параметров.

Типы нагрузочных проб

- 1. С динамической физической нагрузкой велоэргометрия, тредмил-тест.
- 2. С изометрической нагрузкой удерживание тяжести, поддержание тела в любой фиксированной позе, кистевой жим. Эти тесты нередко вызывают большее изменение АД и ЧСС, чем нагрузочный тест на тредмиле или велоэргометре, поскольку изометрическое напряжение мышц ведет к неадекватному повышению АД и ЧСС.
- 3. *Психоэмоциональные*. Заключаются в выполнении логической, математической или механической задачи при неблагоприятных внешних условиях (ограниченное время, повышенный шум, некомфортная температура и освещенность в помещении, где проводится тестирование и др.).
- 4. **Фармакологические.** Проводятся, в основном, с фармпрепаратами, вызывающими гемодинамические реакции. Выбор препарата для проведения пробы определяется целями и задачами исследования.

- 5. С изменение положения тела в пространстве и при ускорении (используются чаще в авиакосмической медицине с целью отбора и контроля подготовки летчиков и космонавтов).
- 6. *Метаболические нагрузочные тесты* проба с жировой нагрузкой и глюкозотолерантный тест.
- 7. **Чреспищеводная кардиостимуляция** (применяется для оценки функции синусового узла, AB-соединения или провокации ишемии миокарда).

Во время нагрузочных тестов измеряют гемодинамические (ЧСС, АД) и вентиляционные показатели (потребление кислорода, выделение углекислого газа, частота дыхания, минутная вентиляция легких и ряд других). Регистрация показателей может проводиться в автоматическом режиме (АД, ЭКГ), а их оценка и анализ — с использованием компьютеризированных устройств и пакетов специальных программ. Учет потребления кислорода и выделения углекислоты позволяет рассчитывать энергозатраты и аэробную способность.

Виды физических нагрузок, применяемые при проведении функциональных проб:

- 1. Непрерывная нагрузка равномерной интенсивности.
- 2. Ступенеобразно-повышающаяся нагрузка с интервалами отдыха после каждой ступени.
 - 3. Непрерывная работа равномерно повышающейся мощности.
- 4. Непрерывная ступенеобразно-повышающаяся нагрузка без интервалов отдыха.

Интенсивность физических нагрузок при проведении функциональных тестов:

- малые нагрузки;
- средние нагрузки;
- большие нагрузки;
- субмаксимальные (75% от максимальной);
- максимальные.

Пробы с физической нагрузкой подразделяются на тесты, оцениваемые по восстановительному периоду, когда определяется время возврата к исходным показателям ЧСС, АД, частоты дыхания и тесты на усилие (велоэргометрия, тредмил), при которых указанные параметры регистрируются в процессе физической нагрузки с последующей их оценкой в восстановительном периоде. Способность к восстановлению при физической нагрузке является свойством организма, существенно определяющим его резервы. Поэтому характер восстановления различных функций после физических нагрузок — один из критериев уровня ФРО.

Ограничения для проведения проб с физической нагрузкой

Ограничениями для выполнения проб с дозированной физической нагрузкой на велоэргометре или тредмиле являются: тяжелые системные заболевания, недавно перенесенные хирургические операции, выраженное ожирение, пожилой возраст, травмы или дефекты нижних конечностей, заболевания суставов, плохое физическое развитие, недостаточная мотивация обследуемого к выполнению пробы, неспособность к полноценному контакту с лицом, проводящим исследование (и, в том числе, из-за психических нарушений у испытуемого).

Абсолютные и относительные противопоказания к нагрузочной пробе определяются в зависимости от особенностей состояния здоровья конкретного обследуемого. В ситуациях, когда имеются относительные противопоказания, целесообразно проводить субмаксимальную нагрузочную пробу, поскольку она более безопасна и достаточно информативна. Врач, проводящий исследование с использованием нагрузочной пробы, должен ясно понимать степень риска, значимость и необходимость его выполнения.

Пробы с динамической нагрузкой на велоэргометре, тредмиле и при электрокардиостимуляции прекращают при достижении общепринятых критериев Комитета экспертов Всемирной организации здравоохранения (2).

Примеры наиболее применяемых функциональных нагрузочных проб

Велоэргометрия, как и другие пробы с физическими нагрузками, проводится для диагностики состояния сердечно-сосудистой системы, проведения контроля за эффективностью лечебных и реабилитационных мероприятий. Велоэргометрия применяется также для оценки функциональных резервов организма по критерию толерантности к физической нагрузке в ходе определения уровня физической работоспособности. Велоэргометрическая проба позволяет выявлять скрытую неполноценность компенсаторных и адаптационных резервов системы кровообращения и проводить доклиническую диагностику тенденций к развитию дизрегуляционных нарушений гемодинамики.

Уровень нагрузки при выполнении велоэргометрической пробы определяется скоростью, временем, а также регулируемой силой сопротивления вращению педалей.

Перед началом выполнения пробы необходимо зарегистрировать стандартную ЭКГ в 12 отведениях в горизонтальном положении обследуемого, а также в положении сидя на велоэргометре для выявления позиционных изменений ЭКГ. Для повышения качества электрокардиографического сигнала и уменьшения шумов необходимо правильно

подготовить кожу в местах наложения электродов и использовать специальный гель. Для регистрации высококачественной ЭКГ при проведении исследования с нагрузочной пробой используются микропроцессорные устройства с компьютерным анализом данных [50]. Перед проведением нагрузочной пробы необходимо провести пробу с гипервентиляцией для исключения ложноположительных изменений ЭКГ на пике нагрузки. Для выявления нарушений тонуса сосудов необходимо измерить АД в положении стоя и сидя. Обследуемого необходимо проинформировать о цели и порядке проведения пробы и объяснить ему степень риска и возможные осложнения исследования.

В ходе выполнения пробы мощность сопротивления ступенчато увеличивают, а скорость вращения педалей обычно задается постоянная. Тест может включать выполнение непрерывной работы с этапным повышением мощности нагрузки, но используется и прерывистая проба, когда между фрагментами со ступенчато изменяющейся нагрузкой устанавливается период непродолжительного отдыха. В ходе выполнения велоэргометрической пробы ведется регистрация артериального давления и электрокардиограммы. Регистрацию ЭКГ осуществляют в конце каждой ступени нагрузки, не прекращая педалирования. Измерение АД проводят каждую минуту и в конце каждой ступени нагрузки.

Уровень физической работоспособности обычно подразделяется на высокий, средний и низкий и определяется с использованием специальных таблиц. Толерантность к физическим нагрузкам может определяться гено- и фенотипическими факторами и в том, числе, тренированностью испытуемого, а также может значительно варьировать у одного и того же человека при изменениях функционального состояния организма и, в первую очередь, при снижении его функциональных резервов.

Оптимальный протокол для велоэргометрической пробы включает 9—12 минут непрерывной нагрузки с постоянной частотой педалирования и определяется индивидуально. При протоколе с очень интенсивной нагрузкой достоверно оценить реакцию на физическую нагрузку не всегда возможно в связи с ранним прекращением пробы, а при протоколе со слишком легкой нагрузкой продолжительность исследования увеличивается, что затрудняет интерпретацию результатов пробы поскольку в этой ситуации оценивается физическая выносливость, а не максимальное потребление кислорода и аэробная способность [50].

Д.Н. Давиденко и соавторы [10; 46] разработали метод оценки функциональных резервов при использовании велоэргометрической нагрузочной пробы по замкнутому циклу (с реверсом). Эта методика позволяет оценить такие компоненты системной реакции организма, как

напряженность функций во время нагрузочной пробы, регуляторные и энергетические компоненты, а также общую физическую работоспособность. В ходе выполнения пробы мощность нагрузки сначала увеличивается от нуля до запланированной величины (до ЧСС — 150—155 уд/мин) с заданной скоростью 33 Вт/мин, а затем с этой же скоростью уменьшается до нулевого значения, то есть, мощность нагрузки изменяется по замкнутому циклу. При этом отслеживается зависимость частоты сердечных сокращений от мощности нагрузки, которая регистрируется с использованием компьютерной программы. Данный метод позволяет получить около 30 показателей, характеризующих функциональные возможности обследуемого, которые объединяют в несколько групп: показатели общей физической работоспособности, показатели динамики ЧСС, показатели регуляции сердечной деятельности, показатели энергетического уровня организма в разные фазы тестирования.

Велоэргометрия, в основном, используется как отдельный нагрузочный тест, но также является нагрузочным компонентом ряда других функциональных проб и, в частности, при определении физической работоспособности по тесту PWC_{170} , определении максимального потребления кислорода (МПК), в тесте Новака, тесте толерантности к физической нагрузке и ряде других.

Ортостатическая проба основана на динамике показателей сердечно-сосудистой системы при изменении положения тела. Ортостатические изменения возникают из-за перераспределения в организме под действием силы тяжести крови, которая скапливается в венах нижних конечностей, вследствие чего снижается венозный возврат к сердцу и, соответственно, сердечный выброс. При этом, центральный объем крови снижается почти на 20%, а минутный объем — на 1,2—2,7 литра в минуту, вследствие чего снижается артериальное давление, что является мощным раздражителем механорецепторов барорефлексогенных зон. Компенсаторные реакции организма в этих обстоятельствах заключаются в повышении частоты сердечных сокращений и повышении тонуса артериальных сосудов, за счет чего артериальное давление сохраняется на прежнем уровне.

Поддержание артериального давления обеспечивается механизмами барорефлекторной регуляции. В течение первых 15 сердечных сокращений происходит увеличение частоты сердечных сокращений, обусловленное понижением парасимпатических влияний, а примерно после 30-го сокращения сердца вагусный тонус восстанавливается и становится максимальным, что регистрируется в форме относительной брадикардии. Через полторы-две минуты после перехода в вертикальное положение у испытуемых происходит выброс катехоламинов, повышается тонус

симпатического отдела автономной нервной системы, что и обуславливает повышение частоты сердечных сокращений, а вслед за этим включается ренин-ангиотензин-альдостероновый механизм. При нарушении регуляторных механизмов могут развиваться гиперсимпатикотоническая реакция, состоящая в резком повышении артериального давления и частоты сердечных сокращений, либо гипосимпатикотоническая реакция, характеризующаяся снижением давления и урежением пульса.

Ортостатическая проба может выполняться в двух вариантах с использованием двух видов нагрузки. В ходе активной ортостатической пробы обследуемый самостоятельно переходит из горизонтального положения в вертикальное. При этом, существенное влияние оказывает сокращение скелетной мускулатуры. Исключение влияния мышечных сокращений возможно при проведении пассивной ортостатической пробы, в ходе которой изменение положения тела происходит за счет использования специального стола, на котором размещается испытуемый. При пассивной пробе есть возможность подсоединить к испытуемому датчики для регистрации ЭКГ и плетизмографии.

Ортостатическая проба позволяет оценить функциональное состояние симпатического отдела автономной нервной системы. У испытуемого после 5-ти минутного пребывания в горизонтальном положении подсчитывают пульс по 10-секундным интервалам и измеряют артериальное давление. Затем испытуемый встает, и в положении стоя у него вновь считают пульс за 10 секунд и измеряют АД. Увеличение ЧСС на 20–25% от исходного рассматривается как показатель нормальной возбудимости симпатического отдела, а более высокие цифры увеличения ЧСС принято считать свидетельством повышенной возбудимости симпатического отдела автономной нервной системы.

Изменения АД в норме при вставании исследуемого после нахождения в горизонтальном положении, незначительны. Систолическое давление изменяется на \pm 10 мм рт. ст., а диастолическое — на \pm 5 мм рт. ст. Проведение ортостатической пробы при кардиоритмографических исследованиях позволяет оценить реактивность симпатического и парасимпатического отделов ЦНС и может служить характеристикой функционального резерва сердечно-сосудистой системы.

Клиностатическая проба используется для оценки функционального состояния парасимпатического отдела автономной нервной системы. У испытуемого после 5-минутного нахождения в положении стоя подсчитывается пульс и измеряется АД. Затем испытуемый медленно принимает горизонтальное положение, после чего вновь регистрируется пульс и АД. После 3-минутного пребывания в состоянии покоя

проводят еще одно измерение ЧСС. Снижение ЧСС при переходе в горизонтальное положение на 8-14 ударов в минуту рассматривается как свидетельство нормального функционального состояния парасимпатического отдела. Большее снижение ЧСС свидетельствует о повышенной реактивности парасимпатического отдела автономной нервной системы, меньшее — о снижении реактивности.

Определение функциональных резервов ЦНС по тесту зрительно-моторной реакции (по Т.Д. Лоскутовой [80])

Тест основан на анализе временных показателей простой сенсомоторной реакции. Тест позволяет количественно охарактеризовать функциональные резервы ЦНС по ее основным функциональным характеристикам. Измерение времени ответных двигательных реакций — одна из наиболее распространенных методик изучения динамики нервных процессов, широко используемая в физиологии высшей нервной деятельности человека. Считается, что скорость реакции во многом определяется способностью мозга обрабатывать информацию и, соответственно, формировать ответные команды организма. Под временем двигательной реакции понимается время от начала действия «пускового» сигнала при требовании реагировать «как можно быстрее» до моторного ответа на этот сигнал. Время двигательной реакции определяется индивидуально-типологическими особенностями нервной системы испытуемых и ее функциональным состоянием, а также зависит от характеристик раздражителя.

Распределение последовательных значений времени зрительно-моторной реакции варьирует в соответствии с изменение функционального состояния ЦНС, позволяя определить три количественных критерия, характеризующих функциональное состояние ЦНС: функциональный уровень системы, устойчивость реакции и уровень функциональных возможностей. Данный тест важен для оценки здоровья человека и функциональных резервов его организма. Модифицированная компьютеризированная версия теста, используемая в программно — аппаратном комплексе «Интегральный показатель здоровья» позволяет рассчитывать результирующий показатель — функциональные резервы ЦНС, который выражается в процентах от максимально возможного уровня.

Тест с регламентированным глубоким дыханием

Наиболее известна методика Wheeler and Watkins в модификации Hilsted and Jensen. Испытуемый лежит спокойно и дышит глубоко и регулярно с частотой 6 раз в минуту (5 сек — вдоха и 5 сек — выдох). На протяжении всей пробы регистрируется ЭКГ. Проба используется

для оценки реактивности парасимпатического отдела автономной нервной системы по разнице между максимальной и минимальной ЧСС во время дыхательного цикла и экспираторно-инспираторному отношению или дыхательному коэффициенту. Тест позволяет определять способность системы кровообращения адекватно отвечать на изменение характера дыхания.

В завершение данной главы монографии приведены краткие сведения об используемых в функциональной диагностике, восстановительной и спортивной медицине функциональных нагрузочных пробах без детализации методик их проведения.

Пробы для определения физической работоспособности

Позволяют оценить резервные возможности организма выдерживать большую, чем обычно, нагрузку, что является наиболее важной эволюционно-выработанной характеристикой, обеспечивающей его адаптивные возможности. Физическая работоспособность является интегральным показателем функционального состояния организма, определяемым уровнем функционирования основных систем жизнеобеспечения и, в первую очередь, кардиореспираторной системы.

Определение физической работоспособности производится с использованием прямых и косвенных методов. При прямых методах испытуемый достигает максимума потребления кислорода. При выполнении таких тестов высок удельный вес субъективного компонента в определении признаков максимизации аэробного обмена организма. Трудоемкость исследований, изнуряющий характер физических нагрузок, необходимость использования сложной регистрирующей аппаратуры, риск нежелательных последствий для испытуемых ограничивают применение прямых методов определения физической работоспособности. В связи с этим в настоящее время для оценки физической работоспособности широко используются косвенные методы (Гарвардский степ-тест, степ-эргометрия, проба PWC₁₇₀, непрямое определение максимального потребления кислорода).

1. Гарвардский степ-тест.

Физическая нагрузка осуществляется восхождением на ступеньку в течение 5 минут с частотой 30 раз в минуту. Каждое восхождение и спуск складываются из четырех двигательных компонентов.

- 1 испытуемый встает на ступеньку одной ногой.
- 2 испытуемый встает на ступеньку двумя ногами.
- 3 испытуемый ставит на пол ногу, с которой начал восхождение.
- 4 испытуемый опускает на пол другую ногу.

Регистрируется ЧСС до и после тестирования начиная со второй минуты восстановительного периода 3 раза по 30-секундным интервалам времени. Проба физиологична, легко воспроизводима, позволяет исследовать характеристики восстановительных процессов по динамике ЧСС после прекращения дозированной мышечной работы.

Дозирование физической нагрузки в Гарвардском степ-тесте является в определенной степени условным, что не позволяет точно определить мощность выполняемой работы. Результаты тестирования выражают в условных единицах в виде индекса Гарвардского степ-теста (ИГСТ). При определении ИГСТ не учитывается ЧСС за первую минуту восстановмтельного периода. Выполнение Гарвардского степ-теста спряжено с довольно существенной физической нагрузкой. ЧСС на пятой минуте пробы в среднем достигает 175 ударов в минуту, а полное восстановление исходной ЧСС наступает примерно через 20 минут. Основным недостатком Гарвардского степ-теста является низкая точность при дозоровании нагрузки и преимущественно качественный анализ показателей физической работоспособности по результатам тестирования, выраженных в ИГСТ.

2. Степ-эргометрия

Степ-эргометрия является достаточно точным способом дозирования физических нагрузок. Применяют одно-, дву-, трех- и многоступенчатые тесты. Существуют степ-эргометры с регулируемой высотой ступенек. Изменеием высоты ступенек или темпа восхождения регулируется мощность выполняемой работы. Темп задается метрономом или световым сигналом. При темпе менее 60 шагов в минуту восхождение становится слишком медленным, а при скорости более 180 шагов в минуту становится небезопасным само проведение пробы из-за угрозы падения обследуемого. Мощность, затрачиваемая при подъеме на ступеньку, рассчитывается по формуле:

$$W = 0.22 P \cdot h \cdot n$$
.

где W — мощность, Вт; P — масса тела испытуемого, кг; h — высота ступеньки, м; n — число подъемов в минуту. Методом степ-эргометрии возможно определение величины HWC $_{170}$.

3. **Субмаксимальный тест PWC** $_{170}^{170}$ (PWC – physical working capacity – физиическая работоспособность).

Как следует из названия, данный тест используется для определения физической работоспособности. Применяют в двух вариантах предъявления физической нагрузки — на велоэргометре или при восхождении на ступеньку в течение определенного времени в двух разных по мощности нагрузках. Результат рассчитывается по формуле В.Л. Карпмана

и соавторов [64]. Физическая работоспособность выражается величиной той мощности нагрузки, при которой ЧСС достигает или могла бы достигнуть показателя 170 уд/мин. Такая частота сердечных сокращений выбрана в связи с тем, что в диапазоне от 110 до 170 уд/мин она имеет линейную зависимость от мощности предъявляемой нагрузки у большинства здоровых людей, что позволяет проводить экстраполяцию при расчете РWС₁₇₀ по двум относительно умеренным нагрузкам.

Следовательно с помощью этой пробы можно установить ту интенсивность физической нагрузки, которая соответствует области оптимального функционирования кардиореспираторной системы. Важно и то, что на этом уровне ЧСС имеет место оптимальная интенсификация кислородтранспортной системы, резервные возможности которой исследуются в данном тесте. Нагрузки, используемые в пробе РWС170, существенно меньше предельных и поэтому их выполнение не представляет больших трудностей. Определение физической работоспособности с использованием данного теста позволяет получать информацию как о ФРО организма испытуемого, так и о его физической подготовленности.

4. Определение величины максимального потребления кислорода (МПК).

Определение величины потребления кислорода позволяет охарактеризовать физическую (или, точнее, так называемую аэробную) работоспособность человека. Потребление кислорода при нагрузке точно характеризует возможности организма и сердечно-сосудистой системы, в частности. При мышечной работе потребление кислорода увеличивается пропорционально мощности физической нагрузки. Однако, такая зависимость имеет место лишь до определенного уровня мощности. При индивидуально предельных ее значениях резервные возможности кардиореспираторной системы оказываются полностью использованными и дальнейшее увеличение мощности физической нагрузки не сопровождается ростом потребления кислорода.

Нагрузка при выполнении теста обычно задается посредством велоэргометрии. При этом потребление кислорода быстро повышается и стабилизируется после второй минуты каждого этапа нагрузки, до достижения дыхательного порога. Максимальное потребление кислорода (МПК) — это наибольшее количества кислорода, которое организм испытуемого в состоянии потребить во время выполнения динамической нагрузки с вовлечением значительной части мышц. Потребление кислорода во время нагрузки выражается в метаболических эквивалентах как отношение к потребности в состоянии покоя [50]. Один метаболический эквивалент соответствует потреблению 3,5 мл кислорода на килограмм массы тела в минуту в состоянии покоя.

Индивидуальная величина МПК отражает функциональное состояние системы транспорта и утилизации кислорода и поэтому используется для решения таких медицинских задач, как уточнение диагноза, прогноза состояния, оценки толерантности к нагрузке, ФРО и эффективности лечебно-профилактических мероприятий. Показатель МПК зависит от пола, возраста, наследственности, физической тренированности. Всемирная организация здравоохранения рекомендует определение МПК, как одного из наиболее надежных способов оценки работоспособности человека. Тест интегрально характеризует резервы систем внешнего дыхания, кровообращения, тканевого метаболизма кислорода и организма в целом.

Пробы для оценки реакции сердечно-сосудистой системы на физическую нагрузку

1. Проба Мартинэ-Кушелевского.

Испытуемый выполняет 20 приседаний за 30 секунд. Регистрируется ЧСС и артериальное давление в течение 3-х минут троекратно после завершения пробы. Применяют при массовых профилактических медосмотрах и при этапном врачебном контроле спортсменов массовых разрядов.

2. Проба Котова-Дешина.

Физическая нагрузка состоит в беге на месте в темпе 180 шагов в минуту в течение 3 минут с высоким подъемом коленей и активными движениями руками. Осуществляется регистрация ЧСС и АД как при пробе Мартинэ.

3. Проба Руфье (или Руфье-Диксона).

Выполняются 30 приседаний в течение 45 секунд. Регистрируется частота пульса.

4. *Проба с 15-ти секундным бегом на месте в максимально возможном темпе*. Осуществляется регистрация ЧСС и АД ежеминутно троекратно после завершения тестирования.

5. **Проба по Квергу**.

В течение 5 минут без отдыха испытуемый выполняет 4 нагрузки: 30 приседаний за 30 секунд, затем 30-секундный бег в максимально возможном быстром темпе, далее 3-минутный бег в темпе 180 шагов/мин и, наконец, подскоки на скакалке в течение 1 минуты, после чего регистрируется частота пульса в первую, третью и пятую минуты восстановления.

6. Холодовая проба.

Испытуемый погружает предплечье в ванну с водой температурой от +4 до +1°C. Существуют варианты теста в форме погружения кисти или стопы в ванну с водой от +3 до +15°. Время экспозиции варьирует от нескольких минут до получаса. Охлаждение и массивное раздражение терморецепторов в процессе выполнения пробы вызывает активацию

симпатического отдела автономной нервной системы, что приводит к вазоконстрикции артерий, артериол, артериоло-венулярных анастомозов и сопутствующему повышению АД. У испытуемого до погружения кисти, стопы или предплечья измеряют АД трижды до получения стабильных цифр и сразу после прекращения холодового воздействия в течение 5 минут ежеминутно. Данная проба позволяет проанализировать возбудимость и функциональные резервы сосудодвигательных центров. Рефлекторное сужение артериол и увеличение АД тем больше, чем выше возбудимость сосудодвигательных центров.

7. Проба Леви-Гориневской.

Регистрируется изменение ЧСС и АД, а также частоты дыхания до и после 30-ти подскоков на высоту 3–4 см в течение 15 секунд. ЧСС и АД регистрируют ежеминутно до полного восстановления их показателей в исходное положение.

8. Проба двухступенчатая по Мастеру.

В качестве дозированной нагрузки используют подъем и спуск по двухступенчатой лестнице с высотой ступеней 23 см каждая в определенном ритме. Результат оценивают по данным ЭКГ до и после прекращения нагрузки. Проба применяется для оценки состояния дыхательной, а, точнее, кардиореспираторной системы

Функциональные пробы при реовазографии

Использование функциональных проб при реовазографии верхних и нижних конечностей позволяет получить информацию о состоянии кровообращения в исследуемых участках тела обследуемого, оценить его резервные возможности, а также дать характеристику артериального кровенаполнения, состояния тонуса артериальных сосудов, венозного оттока, проходимости периферических сосудов, коллатерального кровообращения. Диагностические возможности реовазографии с использованием нагрузочных тестов позволяют дифференцировать функциональные и органические причины изменения характера кровообрашения в исследуемых участках конечностей. Тонус сосудов оценивается отдельно для правой и левой конечности по показателям времени пульсового кровенаполнения и величине реографического индекса, индекса эластичности, характеризующего эластичность артерий исследуемой зоны, индекса периферического сопротивления сосудов, а также индекса величины оттока, позволяющего косвенно оценить венозный отток. Оценивается также симметричность кровенаполнения артерий голени, стоп, предплечий, кистей рук. К нагрузочным тестам при реовазографии относят: постуральную пробу, пробу с локальной физической нагрузкой, холодовую пробу и некоторые другие.

Постуральная сосудорасширяющая проба — наиболее информативный нагрузочный тест при реовазографии, основанный на явлении расширения сосудов конечностей и увеличении их кровенаполнения при приведении конечностей в возвышенное положение. В начале пробы записывают реовазограмму при горизонтальном положении конечностей, затем после их подъема под углом 45 градусов. Пробу чаще применяют при исследовании нижних конечностей. При этом бедро располагается под углом 45 градусов к горизонтальной плоскости, а голень находится в горизонтальном положении, параллельно телу ипытуемого, лежащего на спине. При этом конечность по всей длине опирается на специальную подставку. Повторную запись реографической кривой производят через 5 минут после придания конечности указанного положения. Критерии оценки пробы весьма условны, поскольку не у всех обследуемых (в том числе и у здоровых лиц) имеется реакция на пробу. Кроме того индивидуальные различия в выраженности рекции могут быть очень существенными.

Положительная постуральная проба отмечается при увеличении амплитуды систолической волны в 1,5 раза и более, что объясняется функциональными изменениями, связанными с повышенным тонусом сосудов. Слабоположительная постуральная проба отмечается при повышении амплитуды систолической волны менее чем в 1,5 раза. Такая реакция указывает на смешанный характер изменений кровенаполнения сосудов конечности и встречается при ранних стадиях органического поражения стенок артерий. Отрицательная постуральная проба свидетельствует об отсутствии реакции на пробу, что расценивается как преобладание органического компонента, влияющего на ширину просвета сосудов. Парадоксальная постуральная проба, характеризующаяся уменьшением амплитуды реографической кривой, свидетельствует о выраженных органических изменениях сосудов конечности.

Проба с локальной физической нагрузкой основана на увеличении кровоснабжения конечности в ответ на увеличение потребления кислорода работающими мышцами. При этом увеличение кровотока зависит от величины и интенсивности выполняемой работы. Проба состоит в регистрации реографической кривой до и после осуществления ипытуемым сгибательно-разгибательных движений в голеностопном или лучезапястном суставах в течении 1 минуты (до утомления) или до 20 раз. У здоровых лиц после выполнения физической нагрузки отмечается увеличение амплитуды систолической волны, а длительность анакроты при этом существенно не меняется. У лиц с облитерирующими изменениями сосудов конечностей после нагрузки амплитуда систолической волны не меняется или даже уменьшается на 50—60%.

Холодовая проба считается наиболее адекватной для исследования микроциркуляции в конечностях. Холодовую пробу чаще применяют при исследовании кровообращения в пальцах кисти руки. После регистрации исходной реографической кривой кисть охлаждают струей воды с температурой 10–12°С в течение 90 секунд. Сразу же после прекращения термического воздействия регистрируют реовазограмму в непрерывном режиме до восстановления исходной амплитуды реографической волны с фиксацией времени, прошедшего с момента прекращения холодового воздействия. Возможен вариант регистрации реографической кривой эпизодами через 3, 7, 12 минут после охлаждения кисти [65; 107].

Холодовое воздействие вызывает рефлекторный спазм артерий, сопровождающийся уменьшением их пульсового кровенаполнения и соответствующим уменьшением амплитуды реографической кривой. Холодовая проба считается отрицательной при незначительном снижении пульсового кровенаполнения и его восстановлении через 5—8 минут. Нормальная реакция сосудов ассоциируется с отрицательной холодовой пробой. Положительной холодовая проба считается при выраженном снижении пульсового кровенаполнения и замедленном его восстановлении на 15—30 минутах. Положительная холодовая проба свидетельствует о пароксизмальном нарушении периферической гемоциркуляции, характеризующимся вазоспазмом, ишемией, цианозом в ответ на воздействие холода, которое в значмтельной степени обусловлено нарушением микроциркуляции, связанного со снижением тонуса артерий и вен [120].

Функциональная проба при реоэнцефалографии позволяет оценивать состояние мозгового кровообращения, его устойчивость к стрессовым воздействиям, резервные возможности и адаптивный потенциал. Исследование особенностей церебральной гемодинамики характеризует пульсовое кровенаполнение, тонус и резистентность стенок сосудов, состояние венозного оттока и сосудистого сопротивления. Реоэнцефалографические показатели хорошо коррелируют с такими параметрами церебральной гемодинамики, как линейная и объемная скорость общего и регионального кровотока, сосудистым сопротивлением. С целью выявления обратимых или необратимых изменений сосудов, определения характера их пульсового кровенаполнения, а также адаптационных резервов сосудистой системы мозга применяют функциональные и лекарственные пробы.

Проба с поворотом головы (тест Матисса) получила наибольшее распространение при исследовании состояния гемодинамики вертебробазиллярного бассейна, позволяющие оценить изменения кровенаполнения, тонуса артерий, артериол, состояние венозного оттока в ответ

на повороты головы. После записи фоновой реографической кривой испытуемый выполняет максимально возможный поворот головы вправо, а затем влево, после чего реограмму записывают повторно. Оценка реоэнцефалограммы производится как в фронто-мастоидальном отведении, что позволяет получить информацию о состоянии кровенаполнения бассейна внутренних сонных артерий, так и в окципито-мастоидальном отведении, отражающем кровенаполнение интракраниального отдела бассейна позвоночных артерий. В норме — при отсутствии изменений со стороны позвоночных артерий, повороты головы не влияют на амплитуду и форму реограммы. Проба считается положительной, если после поворота головы произошло снижение или изменилась форма кривой. Это может быть следствием нарушения проходимости вертебральных артерий, а также шейного остеохондроза.

Пробы для оценки функционального состояния системы дыхания

1. Проба Штанге.

Проба с задержкой дыхания после вдоха на максимально возможное время. Измеряется время задержки дыхания в секундах. Проба позволяет оценить устойчивость организма человека к смешанной гиперкапнии и гипоксии, отражающую общее состояние кислородобеспечивающих систем организма.

2. Проба Генчи.

После 2—3 глубоких вдохов испытуемый должен глубоко выдохнуть и задержать дыхание на максимально возможное для него время. Пробы с задержкой дыхания на вдохе и выдохе позволяют оценить общий кардиореспираторный резерв, который тем выше, чем длительнее задержка дыхания. Проба отражает устойчивость организма к недостатку кислорода.

Функциональные нагрузки с задержкой дыхания на фоне глубокого вдоха (проба Штанге) или на максимальном выдохе (проба Генча), используются в космической медицине, при профессиональном отборе летчиков, космонавтов, водолазов, в спортивной медицине, в физиологии дыхания и кровообращения в условиях высокогорья [83]. Проба Штанге позволяет получить информацию об уровне тренированности и физической работоспособности, о резервных возможностях организма, о стрессорной устойчивости здорового и больного человека [52].

Длительность задержки дыхания во время пробы Штанге значительно варьирует как у здоровых, так и больных людей, и служит мерой степени толерантности к транзиторной гиперкапнии и гипоксии: низкие значения произвольного порогового апноэ (ППА) (менее 30 с) свидетельствуют о низкой толерантности к гиперкапнии и гипоксии; длительность ППА

от 35 до 55 с характеризует умеренно сниженную толерантность; высокие значения ППА (от 60 до 85–90 с) являются эквивалентом высокой толерантности к транзиторной гиперкапнии и гипоксии, что позволяет определять стрессорную устойчивость человека при физиологическом и патологическом стрессе [52]. Результаты проб Штанге и Генчи проводятся по оценочным таблицам.

3. Комбинированная проба Серкина.

Выполняется в три этапа:

- 1 определяют время задержки дыхания на вдохе в покое в положении сидя;
 - 2 затем задержка дыхания на вдохе после 20 приседаний за 30 секунд;
 - 3 задержка дыхания на вдохе после 1 минуты отдыха.

Результаты оцениваются по специальным таблицам.

4. Проба с произвольной задержкой дыхания, или Breath-HoldingTest (BHT) — задержка дыхания на фоне обычного вдоха (без предшествующего глубокого вдоха или выдоха) — отличается от пробы Штанге отсутствием глубокого вдоха в начале пробы, поэтому раздражение механорецепторов легких, плевры, дыхательных мышц не столь выражено. При этой пробе достоверно изменяются $PaCO_2$ (достигая 47.8 ± 1.83 мм рт. ст.) и PaO_2 , (уменьшается до 95.0 ± 2.82 мм рт. ст.), снижается процент насыщения крови кислородом, в среднем до $14.5 \pm 2.20\%$ [82]. Длительность пробы ВНТ у взрослых здоровых людей составляет в среднем 40-42 с и может значительно увеличиваться после Breath-Holding тренинга

Пробы с задержкой дыхания не всегда являются объективными, поскольку в значительной мере зависят от волевых качеств испытуемого.

5. Проба Розенталя.

Проводится пятикратное определение жизненной емкости легких без отдыха между отдельными измерениями. Тест позволяет определить функциональные характеристики дыхательной мускулатуры (диафрагмы и межреберных мышц).

Пробы для оценки функционального состояния центральной нервной системы

Функциональные пробы при электроэнцефалографии (ЭЭГ). Стандартные функциональные пробы, проводимые во время регистрации ЭЭГ применяют в диагностических целях, а также при изучении деятельности мозга, связанной с реализацией таких функций, как восприятие, память, адаптация к воздействиям на организм факторов внешней и внутренней среды, мобилизация и восстановление резервных возможностей центральной нервной системы. Основное требование, предъявляемое

к функциональным пробам — стандартная методика их проведения и должная воспроизводимость, позволяющая сопоставлять данные, полученные у разных обследуемых, и наблюдать за изменениями ЭЭГ в динамике.

Применение стандартных провоцирующих проб (ритмической фотостимуляции, гипервентиляционная) должны проводиться в присутствии врача, так как эти пробы могут вызвать развернутый эпилептический припадок, коллаптоидное состояние и другие реакции, связанные с особенностями центральной нервной системы, соматическим состоянием и личностными особенностями обследуемых. Возможность проведения функциональных проб, их интенсивность и продолжительность определяют в зависимости от информации, получаемой на текущей записи ЭЭГ. Анализ ЭЭГ во время записи также необходим, чтобы выделить признаки патологических проявлений, которые могут быть сигналом к прекращению проводимой функциональной пробы или записи ЭЭГ.

Проба с фотостимуляцией

Проба с фотостимуляцией проводится в затемненном помещении при минимальном уровне света, позволяющем видеть обследуемого. Фотостимуляцию проводят с использованием фотостимулятора, выдающего короткие вспышки света близкого по спектру к белому, достаточно высокой интенсивности. Эта проба основана на том, что световые мелькания могут вызвать фотосенситивную эпилептиформную активность у обследуемых. При проведении пробы может меняться интенсивность вспышек света, их частота и продолжительность. Вспышки света могут быть одиночными либо серийными. Серии фотостимуляции начинают с открытыми глазами у испытуемого, а через 5 секунд после начала серии испытуемый закрывает глаза. Интервал между сериями с разной частотой вспышек должен быть не менее 7 секунд. Общая длительность функциональной пробы не более 6 минут у обследуемых без фотопароксизмальной реакции. При возникновении фотоапроксизмального ответа стимуляция прекращается. Серии вспышек света заданной частоты применяются для исследования реакции усвоения ритма, то есть способности мозга воспроизводить ритм внешних раздражений, регистрируемый на ЭЭГ. В норме реакция усвоения ритма хорошо выражена на частоте световых стимулов, близкой к собственным ритмам ЭЭГ.

Проба с гипервентиляцией

Проба с гипервентиляцией — наиболее распространенный тест используемый при исследовании функционального состояния головного мозга. Произвольная гипервентиляция, как функциональная проба,

чаще рассматривается в клиническом аспекте для диагностики различных дисфункций центральной нервной системы, как провокационная проба с целью выявления эпилептиформной активности на ЭЭГ [55; 90]. Гипервентиляция вызывает выраженные изменения метаболизма мозга за счет интенсивного выведения углекислоты, которые в свою очередь способствуют появлению эпилептической активности на ЭЭГ. Гипервентиляция во время записи ЭЭГ позволяет выявлять скрытые эпилептиформные изменения и уточнять характер эпилептических приступов.

Произвольная гипервентиляция используется при диагностике не только эпилепсии, но и истерии, мигрени, психопатии, органических поражений нервной системы, для определения физической работоспособности у здоровых детей и подростков, как модель для изучения индивидуальных форм ритмики дыхания, для выявления предрасположенности к артериальной гипертонии у пациентов с нестабильным АД в течение дня [157], для изучения реактивности мозговых сосудов [116; 141].

Произвольная гипервентиляция как функциональная нагрузка проводится в конце ЭЭГ-исследования. Обследуемый должен глубоко и ритмично дышать в течение 3-5 минут с частотой 16-20 дыхательных циклов в минуту. Регистрацию ЭЭГ начинают за 1-2 минуты до начала гипервентиляционной пробы, продолжают в течение всей функциональной пробы и еще не менее 3-4 минут после ее завершения. Прекращение записи ЭЭГ на период гипервентиляции — грубая ошибка, исключающая из регистрации и анализа наиболее богатый феноменами период исследования. Гипервентиляционная проба — стандартная процедура, выполняемая в большинстве ЭЭГ-исследований, за исключением ситуаций, когда она не может проводиться по медицинским или иных показаниям. В норме гипервентиляция v взрослых не вызывает особых изменений ЭЭГ или иногда приводит к увеличению процентного вклада альфа-ритма в суммарную биоэлектрическую активность и амплитуды альфа-активности. При оценке реакции на гипервентиляционную пробу необходимо учитывать характер и выраженность изменений ЭЭГ, время их появления после начала гипервентиляции и длительность их сохранения после окончания пробы.

Существуют варианты проведения гипервентиляционной пробы, в соответствии с которыми проба выполняется осуществлением исследуемым максимально глубокого и частого дыхания в течение 3-х мин, 2 мин [83], 5 мин (30 дыханий/мин) [157]. Так, при профессиональном отборе абитуриентов в авиационные училища используется двухминутная недозированная произвольная гипервентиляция и «жесткая» трехминутная гипервентиляционная проба, позволяющая выявить индивидуальные границы снижения $PaCO_2$ [81].

Проба на закрывание и открывание глаз

Одним из наиболее важных тестов при регистрации ЭЭГ является сравнение между собой ЭЭГ, записанных у испытуемого с открытыми и закрытыми глазами. В ходе записи ЭЭГ испытуемому предлагают открыть глаза на 3—4 секунды и после этого опять их закрыть. Интервал между последовательными пробами «открыть-закрыть глаза» 10 секунд. В норме при открывании глаз происходит подавление альфа-активности и усиление бета-активности. При закрывании глаз повышается амплитуда и регулярность альфа-ритма. Считается, что реакция на открывание глаз отражает переход от состояния покоя к состоянию деятельности и характеризует инертность процессов торможения в головном мозге. Ответ на закрывание глаз характеризует инертность процессов возбуждения и соответствует переходу состояния деятельности к покою. При повторных пробах параметры ответов у испытуемых обычно достаточно стабильны. Иногда в момент открывания или закрывания глаз может иметь место появление пароксизмальной активности наЭЭГ.

Метаболические нагрузочные пробы

Одним из основных направлений оценки ФРО является анализ состояния регуляторно-метаболического статуса организма. С этой целью используются технологии исследования состояния регуляторно-метаболической основы функциональных резервных возможностей организма с применением метаболических нагрузочных тестов¹.

Метаболическая составляющая ФРО может быть адекватно и эффективно оценена с использованием специальных исследовательских зондов — функциональных метаболических нагрузочных тестов, способных вызывать заметные изменения в осуществлении обменных процессов.

К числу наиболее информативных метаболических нагрузочных тестов относят пробу с жировой нагрузкой [26] и глюкозотолерантный тест.

1. Тест толерантности к глюкозе.

Тест позволяет оценить состояние метаболизма углеводов в организме. Данная проба проводится после предварительного определения концентрации глюкозы в крови натощак. Тест состоит в пероральном приеме глюкозы натощак исходя из соотношения 1 грамм глюкозы на 1 килограмм массы тела обследуемого. Тест оценивают по характерным особенностям гликемической кривой. Начальный подъем сахарной

 $^{^{\}scriptscriptstyle 1}$ Дженжера Л.Ю., Михайленко Л.В. Метаболические предикторы резервных возможностей организма человека // Материалы Международного конгресса «Здравница — 2009», М., 2009, С. 67-68

кривой отражает интенсивность рефлекторного возбуждения симпатического отдела автономной нервной системы, а также интенсивность гликогенолиза в печени. Дальнейший подъем содержания глюкозы в крови обусловлен ее всасыванием из кишечника и гликогенсинтезирующей функцией печени и других органов и тканей. Нисходящий участок сахарной кривой (гипогликемическая фаза) является следствием возбуждения блуждающего нерва, контролирующего продукцию инсулина, а также отражает усиление утилизации глюкозы и гликогенообразования. Последняя точка на гликемической кривой обусловлена состоянием равновесия всех задействованных систем организма. При анализе результатов пробы используют коэффициент Бодуэна или коэффициент Рафальского.

Глюкозотолерантный тест имеет модификацию — пробу Штауба — Трауготта, в ходе которой испытуемый получает глюкозу дважды. Первый раз — натощак и еще одну такую же дозу глюкозы повторно через 90 минут. Динамика гликемической кривой определяется интенсивностью продукции инсулина. Быстрый, крутой и высокий подъем кривой свидетельствует о повышенном тонусе симпатической нервной системы. Быстрое снижение сахарной кривой и гликемический коэффициент меньше единицы указывают на повышение тонуса блуждающего нерва, увеличение секркции инсулина и характеризует высокую способность печени к синтезу гликогена.

Толерантность к глюкозе повышена при гипотиреозе, гипофункции надпочечников (болезнь Адиссона, гипопитуитаризм), аденоме или раке островков Лангерганса, заболеваниях кишечника (целиакия, спру). Толерантность к глюкозе снижена при гликогенозах, гиперфункции надпочечников, беременности, нарушениях утилизации глюкозы, связанных с поражением гипоталямуса, гипертиреозе.

Существует вариант теста толерантности к глюкозе с внутривенным введением глюкозы натощак из расчета 0,33 грамма на 1 килограмм массы тела в течение 2 минут с последующим забором проб крови через 10, 20 и 40 минут после введения глюкозы. Результаты теста определяются в полулогарифмической системе координат отражающей зависимость десятичного логарифма содержания глюкозы от времени. Определяется полупериод снижения уровня сахара в крови и рассчитывается коэффициент ассимиляции глюкозы (в процентах), показывающий снижение содержания глюкозы в крови за 1 минуту.

Информативными признаками снижения ФРО по результатам глюкозотолерантного теста являются: относительное увеличение гипергликемического коэффициента (на 30–50% от референтных величин) и содержания глюкозы (на 120 и 50% от фоновых величин) к 60 и 150 минутам теста (В.Н. Рыгин 2003).

2. Проба с нагрузкой жиром

Тест с жировой нагрузкой позволяет оценить функциональные возможности печени путем сравнения активности аланинаминотрансферазы, содержания билирубина в крови и реакции Таката Ара до и после приема сливочного масла или оливкового масла. Исследование биохимических эффектов жировой нагрузки дает возможность определить наиболее информативные предикторы ее переносимости. К их числу отнесены уровень гликемии, показатели липидного профиля крови (содержание триглицеридов, холестерина) и гормонального статуса (концентрация кортизола, тестостерона, инсулина). По данным жировой нагрузочной пробы признаками снижения ФРО являются: относительное увеличение концентрации в крови инсулина к третьему часу после приема масла (на 25–45% от фоновых величин), повышенное содержание триглицеридов (на 80–120% от фоновых величин) к девятому часу нагрузочного теста (В.Н. Рыгин 2003).

Основные биохимические критерии метаболических нагрузочных тестов позволяют оценивать переносимость физических нагрузок², выявлять дисрегуляторные состояния, приводящие к снижению резервных метаболических возможностей организма, что затрудняет поддержание его оптимального функционального состояния. Анализ биохимических эффектов метаболических нагрузочных проб позволяет оценить выраженность гормонального ответа, направленного на поддержание субстратного и энергетического гомеостаза и расширение диапазона ФРО.

 $^{^2}$ Нагорнев С.Н., Бобровницкий И.П., Рыгин Н.Н., Орлова Г.А., Петрова Т.В., Бубеев Ю.А., Рыгин В.Н. Биохимические критерии жировой нагрузочной пробы и ее информативность в оценке в переносимости физических нагрузок. «Авиационная и экологическая медицина», 2001. — № 1. С. 47-50

Глава 5. СОВРЕМЕННЫЕ АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЕ КОМПЛЕКСЫ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ РЕЗЕРВОВ ОРГАНИЗМА

Разработка и создание аппаратно-программных комплексов и инструментальных средств оценки ФРО основаны на регистрации и измерении физиологических показателей, характеризующих функционирование важнейших систем организма человека. Достижения вычислительной техники и электроники позволили создать высокочувствительные методы регистрации биологических сигналов, отражающих деятельность физиологических систем организма и эффективные средства их анализа. Оценка характеристик и параметров биологических сигналов дает информацию, позволяющую объективно судить о функционировании основных систем организма и прогнозировать их изменение при воздействии различных факторов.

Исследование вариабельности ритма сердца является ведущим компонентом оценки функционального состояния организма, донозологической диагностики и экспресс-контроля систем адаптации организма человека с использованием ряда аппаратно-программных комплексов (АПК): «Варикард», «Ритм-экспресс», «ВНС-микро», «Резервы здоровья», «Вита-Ритм», «Керди», «Диамед-МБС», «ВНС-спектр», «Пульс-антистресс», «Динамика-100», «Акутест», «ВНС-Вита», «Омега-МС», «АПК-РКГ», «Вита-2005», «Интегральный показатель здоровья», «Поли-Спектр», автоматизированная экспертно-консультативная система «Эффект» и ряда других.

Программно-компьютерный комплекс «Навигатор здоровья» был разработан для обработки результатов обследования индивидуума с использованием функционально-нагрузочных тестов на предмет вычисления интегрального уровня соматического здоровья человека [43].

Комплекс «Навигатор здоровья» решает ряд задачи, в том числе, формирует «Профиль (паспорт) физического здоровья», на основе которого автоматически создает проект индивидуальной оздоровительной программы, ориентированной на повышение функциональных резервов отдельных «отстающих» систем организма и общего соматического здоровья. Интегральный индекс физического здоровья, который одновременно является индикатором работоспособности человека и показателем его биологического возраста, отражается в баллах универсальной рейтинговой шкалы.

Программный алгоритм комплекса предусматривает преобразование результатов первичных измерений 19 показателей в стандартную систему

медико-физиологических показателей, их сравнение с возрастной статистической моделью и расчет индивидуального индекса физического здоровья. Автоматический процесс построения индивидуальной оздоровительно-профилактической программы основан на представлении о закономерностях адаптации, принципе постепенности изменения тренирующих нагрузок и коррекции функциональных резервов организма [42]. Технология «Навигатор здоровья» предназначена для донозологического контроля и укрепления физического здоровья и работоспособности различных групп населения, прошла сертификацию в Росздравнадзоре и Федеральном фонде ОМС.

Для оценки функциональных резервов организма разработан программно-методический комплекс «Информационная система мониторинга адаптационных способностей и функциональных резервов человека «Здоровье» (г. Томск). Этот комплекс позволяет оценить общий функциональный резерв организма на основе исследования функциональных резервов физического развития, функциональных резервов сердечно-сосудистой, респираторной, выделительной, эндокринной систем, функционального резерва желудочно-кишечного тракта и функционального резерва психоэмоционального состояния [89]. Оценка всех параметров позволяет количественно оценить сохранность ФР физиологических систем и общий ФР организма человека.

АПК «Истоки здоровья» позволяет проводить разностороннюю оценку адаптивных и функциональных резервов организма на основании комплексного обследования с использованием теста вариационной кардиоинтервалометрии по Р.М. Баевскому, теста сенсорно-моторной реакции по Т.Д. Лоскутовой [80], теста цветовых выборов по Л.Н. Собчик [122], теста тревожности по Спилбергеру-Ханину, теста общей реактивности по Л.Х. Гаркави [40], теста РWС-170 по В.Л. Карпману [64]. Разнообразие тестов позволяет оценить функциональные ресурсы организма по 3 составляющим — физическим, психическим и адаптационным резервам. Оценка результатов вариационной кардиоинтервалометрии проводится с использованием дополнительных высокоинформационных показателей, предложенных Ю.Р. Шейх-Заде (должная ЧСС в покое, уровня испытываемого стресса) [142].

Вегетотестер «ВНС-Микро» (разработка фирмы «Нейросорт», г. Иваново) позволяет синхронно регистрировать вариабельность ритма сердца и пневмограмму. Последующий корреляционный анализ между вариабельностью длительности дыхательного цикла и высокочастотным компонентом ВРС при проведении пробы с глубоким управляемым дыханием (6 дыхательных движений в 1 мин) позволяет оценить состояние вегетативной нервной системы.

Усовершенствование и компьютеризация регистрации и анализа СДС на основе программного обеспечения прибора «ВНС-Микро», разработанного ООО «Нейрософт» для исследования вегетативной нервной системы, позволили разработать программу для автоматизированного определения параметров СДС и в итоге создать «Систему для определения сердечно-дыхательного синхронизма у человека» [105], позволяющую количественно оценить регуляторно-адаптивные возможности организма. Регуляторно-адаптивные возможности оцениваются по индексу регуляторно-адаптивного статуса (ИРАС), получаемого интеграцией наиболее информативных показателей пробы СДС.

Комплексная оценка состояния здоровья по результатам исследования функционального состояния сердечно-сосудистой и дыхательной систем возможна при использовании «Спироартериокардиоритмографа («Интокс», Санкт-Петербург). Принцип действия прибора базируется на непрерывном измерении показателей периферического артериального давления, ритма сердечных сокращений и дыхания с последующим построением ритмограмм и расчетом спектральных показателей вариабельности артериального давления, сердечного ритма и дыхания.

Интегральная оценка качества здоровья, функционального состояния организма и его донозологическая диагностика с использованием АПК «РУНО» (ООО НПЦ РУНО) основаны на методе вариационной термоалгометрии, отражающем связь активности автономной нервной системы с кожной тепловой чувствительностью реперных точек кожных сегментов, связанных висцерокутанными связями с сегментарными структурами ВНС. АПК «РУНО» прошел широкую апробацию и получил положительные отзывы специалистов клинической и восстановительной медицины.

АПК «Интегральный показатель здоровья», разработанный А.В. Соколовым [123; 127], позволяет проводить интегральную оценку адаптивных и резервных возможностей организма на основании изучения состояния сердечно-сосудистой системы, дыхательной и центральной нервной систем, вегетативного гомеостаза, психоэмоционального статуса, условий и образа жизни, включая режим труда и отдыха. Программа «ИПК» предназначена для количественной оценки резервов здоровья человека на основе принципа единства висцеральной и психоэмоциональной сфер организма, комплексного динамичного контроля функционального состояния организма человека [126; 125].

АПК «Система интегрального мониторинга «Симона-111» также предназначена для интегральной оценки функционального состояния организма. Это обеспечивается неинвазивным измерением различных физиологических показателей центральной и периферической гемодинамики, транспорта и потребления кислорода, функции дыхания,

температуры тела, функциональной активности мозга и автономной нервной системы, метаболизма [14; 15].

Для определения функциональных резервов организма предложен ряд способов и АПК, основанных на методах исследования электропроводности тканей организма. Так, путем измерения электрокатодного сопротивления переменному электрическому току прямоугольной формы, подаваемому через два накожных электрода, расположенных на голове исследуемого в условиях физической нагрузки на велоэргометре проводится динамический экспресс-контроль функциональных резервов организма [25].

АПК «АМСАТ-КОВЕРТ» (свидетельство на полезную модель № 6685) используется для экспресс-оценки функционального состояния и адаптационных резервов организма человека путем исследования 11 функциональных систем по данным измерения электрокожного сопротивления между 22 биологически активными зонами на двух меридианах тела человека. При этом многоуровневую оценку состояния функциональных резервов проводят по 5 условным градациям, определяя интегральный ответ на применение нагрузочных проб и тестов [86].

В экспертной автоматизированной системе для определения функциональных резервов организма спортсменов «Квантум-Про» [33] использован метод газоразрядной визуализации (биоэлектрографии), основанный на регистрации и количественной оценке стимулированной электромагнитным полем оптоэлектронной эмиссии кожного покрова. Последующий математический компьютерный анализ возникающих свечений включает вычисление яркостных, амплитудных, геометрических и фрактальных параметров позволяет комплексно оценить персонифицированный психофизиологический потенциал обследуемого.

По данным А.С. Толоконина [136] наибольшей информативностью в диагностике психоэмоциональных и структурных изменений организма обладает метод газоразрядной визуализации.

АПК «Диамед-МБС» на основе медицинской технологии «Комплексная скрининг-диагностика функционального состояния организма человека» по данным исследования ВСР, объемной электропроводности методом биоимпедансометрии и биоэлектрографии методом газоразрядной визуализации позволяет проводить количественную оценку функционального состояния организма, функциональных резервов и адаптивных возможностей, а также прогнозировать риски изменений со стороны сердечно-сосудистой системы.

Разработанный в Военно-медицинской академии в Санкт-Петербурге АПК «Динамика-100» позволяет определить интегральный показатель здоровья, включающий оценку функциональных резервов и возможностей адаптации организма по данным фрактального динамического анализа совокупности ритмов мозга и сердца [95].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Различные составляющие сложноорганизованной системы функциональных резервов взаимодействуют между собой в процессе адаптации организма к условиям среды жизнедеятельности, а также поддержанию жизненно-важных параметров внутренней среды в условиях воздействия факторов, влияющих на гомеостаз организма путем мобилизации резервов различного уровня организации. Систематическая реализация адаптивных реакций расширяет диапазон резервных возможностей организма и повышает его способность к их мобилизации и использованию.

Адаптационные реакции организма определяются спецификой изменений условий его существования. Эти изменения непрерывны во времени и в пространстве и живые системы должны иметь постоянную возможность оценивать такие изменения, чтобы обладать постоянной готовностью реагировать на них. Такая готовность к адаптивным перестройкам подразумевает наличие в организме должных функциональных резервов для их осуществления и должный уровень информационных взаимосвязей, являющихся обязательным условием существования любого уровня организации живой материи.

С позиций теории функциональных систем функциональные резервы организма представляется возможным рассматривать как динамически саморегулирующийся комплекс информационно-взаимисвязанных функциональных систем многогранное взаимодействие которых обеспечивает мобилизацию и восстановление резервных возможностей в соответствии с потребностями жизнеобеспечения организма. Сбалансированный характер этих разнонаправленных процессов обеспечивает поддержание оптимального состояния функциональных резервов организма.

Приведенные в монографии представления о функциональных резервах организма, базируются как на известных науке фактических данных так и на, гипотетических допущениях и предположениях,

которые в определенной мере можно рассматривать с точки зрения выдающегося ученого и философа современного естествознания Марио Бунге³ на суть истины — «истины относительны 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 об организации функциональных резервов организма в процессе его жизнедеятельности не позволяют сформулировать всеобъемлющий перечень закономерностей и принципов их формирования.

Анализ множества фактов, допущений, гипотез и утверждений, систематизация совокупности имеющихся знаний о функциональных резервах организма — 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 настоящей книги можно, прежде всего, отнести клиническую физиологию, восстановительную медицину и функциональную диагностику.

³ Бунге М. Философия физики. М.: Прогресс, 1975. – 353 с.

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА

- 1. Агаджанян Н.А., Баевский Р.М., Берсенева А.П. Проблемы адаптации и учение о здоровье. Учебное пособие. М.: РУДН. 2006. 284 с.
- 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. 302 с.
- 4. Агафонкина, Т.В., Диомидова В.Н. Оценка состояния функциональных резервов кардиореспираторной системы у лиц разного возраста // Здравоохранение Чувашии. -2012. № 4. С. 16—19.
- 5. 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.
- 6. Айдаркин Е.К. Функциональное состояние теоретический аспект // Валеология. 2004. № 1. С. 15.
- 7. Аксельрод А.С., Чомахидзе П.Ш., Сыркин А.Л. Нагрузочные ЭКГ-тесты.10 шагов к практике. М.: МЕДпресс-информ., 2011.
- 8. Алехин М.П. Функциональные нагрузочные пробы в кардиологии // Медицинский вестник. № 6. С. 14-15.
- 9. Амосов Н.М. Раздумья о здоровье. М.: Физкультура и спорт, 1987.-64 с.
- 10. 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, 1084. С. 36-44.
- 11. Анохин П.К. Психическая форма отражения действительности / Под ред. П.К. Анохина. Избранные труды. Философские аспекты теории функциональной системы. М.: Наука, 1978. С. 336-366.
- 12. Анохин П.К. Узловые вопросы теории функциональной системы. М.: Наука, 1980. 196 с.
- 13. Антонов А.А. Безнагрузочная оценка функционального состояния организма спортсменов // Поликлиника. -2013. -№ 1. C. 37-41.

- 14. Антонов А.А., Буров Н.Е. Системный аппаратный мониторинг // Вестник интенсивной терапии. -2010. -№ 3. C. 8-12.
- 15. Антонов А.А., Буров Н.Е.Многофункциональный системный аппаратный мониторинг // Российский вестник детской хирургии, анестезиологии и реаниматологии. -2012. т. 2, № 1. С. 124-130.
- 16. Апанасенко Г.А. Планетарная эволюция и здоровье человека // Историческая психология и социология истории. 2014. № 1. С. 92-101.
- 17. Апанасенко Г.А. Эволюция биоэнергетики и здоровье человека. СПб.: МГП «Петрополис» 1992. 123 с.
- 18. Аронов Д.М., Лупанов В.П. Функциональные пробы в кардиологии. М.: »МЕДпресс-информ», 2007. 328 с.
- 19. 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.
- 20. Баевский Р.М., Баранов В.М., Берсенев Е.Ю., Фунтова И.И., Семенов Ю.Н., Григорьев А.И., Прилуцкий Д.А. Способ определения функциональных резервов регуляции кардиореспираторной системы человека // Патент RU 2240035, приоритет от 20.11.2004.
- 21. Баевский Р.М., Берсенева А.П. Введение в донозологическую диагностику. М.: Слово, 2008. 220 с. (216 с.)
- 22. Баевский Р.М., Берсенева А.П. Оценка адаптационных возможностей организма и риск развития заболеваний. М.: Медицина, 1997.-236 с. (17 с.).
- 23. Беленков, Ю.Н. Функциональная диагностика сердечно-сосудистых заболеваний: Руководство. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2007. 975 с.
- 24. Берталанфи Л. Общая теория систем критический обзор. М., 1969.-243 с.
- 25. Блинков И.Л., Петров И.Н., Кукес В.Г., Ластовицкий А.Е., Немиров В.В., Прудников П.В. Способ оценки функциональных резервов организма при физической нагрузке (патент RU 2012227).
- 26. 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.
- 27. 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. C. 7-9.
- 29. Бобровницкий И.П., Павличенко С.А., Яковлева М.Ю., Ашмарин Е.Г., Лебедева О.Д. Способ оценки функциональных резервов организма (патент RU № 2464935, опубл. 27.10.2012).
- 30. Бобровницкий И.П.: Василенко А.М.: Принципы персонализации и предсказательности в восстановительной медицине. // Вестник восстановительной медицины. -2013. № 1. С. 2-5.
- 31. Бресткин М.П. Функции организма в условиях изменений газовой среды. Л., 1968. 64 с.
- 32. Бриллюэн Л. Наука и теория информации. М.: Физматлит, 1960. 392 c.
- 33. Бундзен П.В. Экспертная автоматизированная система для определения функциональных резервов организма спортсмена «Квантум-Про» / В.В. Бундзен, Г.Г. Коротков // Спорт и здоровье: Первый международный научный конгресс, 9—11 сент. 2003 г., Россия. СПб.: (мат-лы конгресса) 2003. Т. 2. С. 11—13.
- 34. Вайнер Э.Н., Кастюнин С.А. Адаптивная физическая культура. Краткий энциклопедический словарь. — 2012.
- 35. Ванюшин Ю.С., Ситдиков Ф.Г. Компенсаторно-адаптационные реакции кардиореспираторной системы при различных видах мышечной деятельности. Казань: Изд-во Таглимат., 2003. 128 с.
- 36. Винер Н. Кибернетика, или управление и связь в животном и машине. M., 1983. 216 с.
- 37. Воробьев К.П. Клинико-физиологический анализ категорий функционального состояния организма в интенсивной терапии // Вестник интенсивной терапии. -2001. № 2. C. 3-8.
- 38. Воробьева, З.В. Основы патофизиологии и функциональной диагностики системы дыхания. М.: Изд-во ФГП «Вторая типография», 2002. 227 с.
- 39. Воронков Д.В., Соколов А.А., Баландин Ю.П., Лабутин Г.И. Способ оценки резервных возможностей организма человека (патент РФ № 2195858 от 10.01.2003.
- 40. Гаркави Л.Х., Квакина Е.Б., Уколова М.А. Адаптационные реакции и резистентность. Ростов-на-Дону, 1990. 224 с.

- 41. Глазачев О.С. Энергоинформационные взаимодействия на разных уровнях жизнедеятельности / О.С. Глазачев, В.Ю. Щебланов // Энергоинформационные поля функциональных систем; под ред. К.В. Судакова. М., 2001. С. 33—45
- 42. Григорьев А.И., Орлов В.А. Программно-информационный комплекс» Навигатор здоровья». Руководство пользователя. АНСП. М., 2008.-92 с.
- 43. Григорьев А.И., Орлов В.А., Фетисов О.Б. и соавт. Донозологический контроль и укрепление соматического здоровья и функциональных резервов организма. (Технология «Навигатор здоровья»). М., 2006. 31 с.
- 44. 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.
- 45. Давиденко Д.Н. Функциональные резервы адаптации организма человека // Социальная физиология: учебное пособие. М., 1996. С. 126-135.
- 46. Давиденко Д.Н., Андрианов В.П., Яковлев Г.М., Лесной Н.К. Методика оценки функциональных резервов организма при использовании нагрузочной пробы по замкнутому циклу мощности // Пути мобилизации функциональных резервов спортсмена: сб. научн. тр. Л.:: ГДОИФК, 1984. С. 35-41.
- 47. Дмитриева Н.В., Глазачев О.С. Способ определения оптимального режима тестирования нагрузки на основе критерия кардио-респираторной синхронизации // Патент РФ № 2348349. Приоритет от 17.04.2007.
- 48. Дмитриева, И.В., Глазачев О.С. Индивидуальное здоровье и полипараметрическая диагностика функциональных состояний организма. М.: Горизонт, 2000. 216 с.
- 49. Дудник Е.Н., Глазачев О.С. Формализованный критерий респираторно-кардиальной синхронизации в оценке оперативных перестроек вегетативного гомеостазиса // Физиология человека. -2006. Т. 32. № 4. С.49-56.
- 50. Жаринов О.И., Фуркало Н.К., Гетьман Т.В. Пробы с дозированной физической нагрузкой. // Руководство по кардиологии; под ред. В.Н. Коваленко. Киев, 2008. С. 261-276.
- 51. Жвирблис В.Е. Космофизические истоки дисимметрии живых систем. М.: МГУ, 1987. С. 87-106.

- 52. Заболотских И.Б, Илюхина В.А.. Физиологические основы различной стрессорной устойчивости здорового и больного человека. Краснодар, 1995.-100 с.
- 53. Загрядский В.П. Физиологические резервы организма и боеспособность человека // Избранные лекции по физиологии военного труда. Л., 1972. С. 31-41.
- 54. Земцовский, Э.В., Тихоненко Э.В., Рева С.В., Демидова М.М. Функциональная диагностика состояния вегетативной нервной системы. СПб.: Инкарт, 2004.-80 с.
- 55. Зенков Л.Р. Клиническая эпилептология. М.: ООО «Медицинское информационное агенство», 2000. 416 с.
- 56. Зенков Л.Р., Ронкин М.А. Функциональная диагностика нервных болезней. Руководство для врачей. М.: МЕДпресс-информ., 2013. 488 с.
- 57. Зилов В.Г., Судаков К.В., Эпштейн О.И. Элементы информационной биологии и медицины. М.: МГУ. 2000. 248 с.
- 58. Зилов В.Г. Современные представления о методах комплементарной медицины // Теория и практика комплементарной медицины. М.: ММА им. И.М. Сеченова, 1997. Вып. 1. С. 7-15.
- 59. Ивашев С.П. Информационные аспекты саморегуляции целенаправленного поведения человека в системе принципов равных и встречных возможностей // Вестник новых медицинских технологий. -2012. − T. XIX. № 3. C. 190-196.
- 60. Ивашев С.П. Информационный континуум функциональной организации целенаправленного поведения человека // Известия ЮФУ. 2012. 134. 9. 134. 9. 134.
- 61. Ивашев С.П. Системно-информационное обоснование параметра избыточ-ности регуляторных процессов // Межрегиональная научно-практическая конференция: Психология и социальная работа в современном здра-воохранении. 2—3 ноября 2005 г. Волгоград, 2005. С. 59—60.
- 62. Казначеев В.П., Баевский Р.М., Берсенева А.П. Донозологическая диагностика в практике массовых обследований населения. Л.: Медицина, 1980.
- 63. Калашников Ю.Я.. Единство вещества, энергии и информации основной принцип существования живой материи. Дата публикации: 30 июня 2006 г., источник: SciTecLibrary.ru; Caйт: http:// new-idea.kulichki.com/, дата публикации: 07.12.2006 г.

- 64. Карпман В.Л., Белоцерковский З.Б., Гудков И.А. Тестирование в спортивной медицине. М.: ФиС, 1988. 208 с.
- 65. КедровА.А. Реография: сущность, перспективы, направления и ошибки использования // Клиническая медицина. 1989. № 1. С. 13-18.
- 66. Ковалев Д.В., Курзанов А.Н., Скибицкий В.В., Пономарева А.И. Эктопическая активность и турбулентность сердечного ритма как предикторы трансформации высокого нормального артериального давления в артериальную гипертонию // Фундаментальные исследования. 2014. N

 otin 10 (часть 2). С. 284-289.
- 67. Ковалев Д.В., Скибицкий В.В., Курзанов А.Н., Пономарева А.И. Турбулентность сердечного ритма в прогнозировании трансформации высокого нормального артериального давления в артериальную гипертонию // Анналы аритмологии. 2013. \mathbb{N}_2 , Приложение (Материалы Пятого Всероссийского съезда аритмологов). С. 33.
- 68. Корогодин В.И., Корогодина В.Л. Информация как основа жизни. Дубна: Издательский центр«Феникс», 2000. 208 с.
- 69. Корогодин В.И. Информация и феномен жизни. Пущино: Изд-во АН СССР, 1991. 201 с.
- 70. Кузнецов Н.А., Любецкий В.А. Компьютерная логика в информационных процессах // Проблемы передачи информации. 1999. т. 35. вып. 2. С. 107-111.
- 71. Кулаковский Э.Е. Информационная связь как основа взаимодействия организмов со средой обитания // Биомедицинский журнал. 2004. т. 5. C. 57-60.
- 72. Куликов В.Ю., Арчибасова Е.А. Медицина и образование в Сибири. Электронное научное издание ГБОУ ВПО НГМУ. 2015. № 6. http://www.ngmu.ru/cozo/mos/фурье-анализ изменения средних интервалов гг (ггпп)у практически здоровых лиц при выполнении клиноортостатической пробы.
- 73. Курзанов А.Н. Методологические аспекты оценки функциональных резервов организма // Современные проблемы науки и образования. 2016. № 2; URL: http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=24402 (дата обращения: 27.05.2016).
- 74. Курзанов А.Н. Пролегомены о сущности информационной составляющей функциональных резервов организма // Междунеродный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2016. \mathbb{N} 7 (часть 4). C. 583-591.

- 75. Курзанов А.Н. Функциональные резервы организма в ракурсе клинической физиологии // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 4. URL: www.science-education.ru\127-20456(дата обрашения 24.08.2015.
- 76. Курзанов А.Н., Заболотских Н.В., Ковалев Д.В., Бузиашвили Л.А. Совершенствование оценки функциональных резервов организма-приоритетное направление развития донозологической диагностики преморбидных состояний // Международный журнал экспериментального образования. 2015. № 10. С. 67-70.
- 77. Курзанов А.Н., Заболотских Н.В., Мануйлов А.М. Клиникофизиологические аспекты диагностики функциональных резервов организма. // Кубанский научный медицинский вестник. 2015. № 6(155). С. 73-77.
- 78. Курникова И.А. Способ оценки функциональных резервов организма. Патент РФ № 2342900, опубл.10.01.2009.
- 79. Лобзин Ю.В., Финогенов Ю.П., Волжанин М.В., Семена А.В., Захаренко С.М. Инфекционные болезни: проблемы адаптации. СПб.: ЭЛБИ-СПб, 2006. 391 с.
- 80. Лоскутова Т.Д. Оценка функционального состояния центральной нервной системы человека по параметрам простой двигательной реакции // Физиологический журнал СССр им. И.М. Сеченова. 1975. № 1. С. 25-28.
- 81. Малкин В.Б., Гора Е.П. Индивидуальные проявления дыхательной ритмики // Успехи физиологических наук. 1996. Т. 27. № 1. С. 87-99.
- 82. Малкин В.Б., Гора Е.П. Физиологические эффекты произвольного управления дыханием у детей и подростков // Успехи физиологических наук. 1998. Т. 29. № 1. С. 37-57.
- 83. Малкин В.Б., Гора Е.П.Физиологические эффекты произвольной задержки дыхания // Физиология человека. 1990. Т. 16. № 1. С. 118-126.
- 84. Мартусевич А.К., Перетягин С.П., Жукова Н.Э. Оценка уровня кардиореспираторной синхронизации при интоксикации // Бюллетень физиологии и патологии дыхания. 2012. № 1, Вып. 43. С. 89-92
- 85. Маталыгина О.А. О диагностике функциональных резервов организма // Вестник Санкт-Петербургской мед. академии постдипломного образования. 2009. \mathbb{N} 2. С. 42-48.
- 86. Мельников А.Х., Веневцева Ю.Л., Переломова И.В. Взаимосвязи показателей математического анализа сердечного ритма с данными

- нетрадиционных методик функциональной диагностики. Кисловодск, 2005 // Мат-лы II Национальной научно-практ.конфер. с межд. участием «Теория и практика оздоровления населения России». М., 2005. С. 167-169.
- 87. Михайлов В.М. Количественная оценка уровня здоровья в восстановительной медицине. Иваново, 2005. 60 с.
- 88. Мозжухин А.С. Физиологические резервы спортсмена: лекция. Л.: ГДОИФК, 1979. 14 с.
- 89. Моргалев Ю.Н. Информационная система для мониторинга адаптационных способностей и функциональных резервов организма. (Свидетельство Роспатента № 2007610568).
- 90. Мухин К.Ю., Петрухин А.С. Идиопатические формы эпилепсии: систематика, диагностика, терапия. М.: Арт-Бизнес-Центр, 2000. 319 с.
- 91. Наточин Ю.В. Общие черты эволюции функций гомеостатических и информационных систем // Журн. эволю. биохимии и физиологии. -1992. T. 28. № 5. C. 623-636.
- 92. Николис Г. Пригожин И. Самоорганизация в неравновесных системах: От диссипативных структур к упорядоченности через флуктуации. М.: Мир, 1979. 512 с.
- 93. Оганов Р.Г. Здоровый образ жизни и здоровье населения России // Вестник РАМН. -2001. -№ 8. -C.14-17.
- 94. Ольховская Е.А. Исследование функции внешнего дыхания // Изд.» НГМА», 2013. 60 с.
- 95. Орджоникидзе З.Г., Бухбиндер Л.Р. Скрининг-диагностика в определении качества здоровья человека // Мат-лы III национальной научно-практической конференции с межд.участием «Теория и практика оздоровления населения России». М., 2006. С. 140-142.
- 96. Орлов О.Н., Берсенев Е.Ю., Баевский Р.М., Прилуцкий Д.А., Берсенева А.П. Способ комплексной оценки функционального состояния организма при стрессорных воздействиях (патент РФ № 2510621, опубл. 10.04.2014).
- 97. Орлова Н.В., Чукаева И.И. Организация и функционирование центров здоровья: учебное пособие. М.: ГОУ ВПО РГМУ, 2010. С. 11-12.
- 98. Парин В.В., Баевский Р.М., Волков Ю.Н., Газенко О.Г. Космическая кардиология. Л.: Медицина, 1967. 206 с.
- 99. 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.

- 100. Петленко В.П. Основы валеологии. Кн. 2. 1998. 360 с.
- 101. Петрухин В.А., Погребняк Ю.О., Рузов В.О. и соавт. Мониторинг функциональных и адаптивных резервов организма человека // Компьютерная математика. 2013. \mathbb{N} 2. \mathbb{C} . 105-114.
- 102. Пигарёв И.Н. Висцеральная теория сна // Журнал высшей нервной деятельности. -2013. Т. 63. № 1. С. 86-104.
- 103. Покровский В.М. Сердечно-дыхательный синхронизм в оценке регуляторно-адаптивных возможностей организма. Краснодар: Кубань-Книга, 2010.-244 с.
- 104. Покровский В.М., Мингалев А.Н. Регуляторно-адаптивный статус в оценке стрессоустойчивости человека // Физиология человека. 2012. T. 38. № 1. C. 77-81.
- 105. Покровский В.М., Пономарев В.В., Артюшков В.В. и др. Система для определения сердечно-дыхательного синхронизма у человека (патент РФ № 86860 от 20.09.2009.)
- 106. Поленов А.Л., Кулаковский Э.Е. Происхождение и эволюция нейроэндокринных клеток и нейрогормональной регуляции уМеtazoa // Нейроэндокринология, кн. 1, ч. 1. СПб.: Наука, 1993. С. 13-31
- 107. Полищук В.И., Терехова Л.Г. Техника и методика реографии и реоплетизмографии. М.: Медицина, 1990. 175 с.
- 108. Полищук Л.В. Экспресс-модификация метода определения регуляторно-адаптивных возможностей организма человека // Известия Самарского научного центра РАН. -2014. -T.16. № 5(4). С. 1238-1240.
- 109. Пригожин И. Философия нестабильности // Вопросы философии. 1991. № 6. С. 46-52.
- 110. Разинкин С.М., Котенко Н.В., Переборов А.А., Кленков Р.Р. Оценка информативности комплексной скрининг-диагностики психофизиологического и соматического здоровья, функциональных и адаптивных резервов организма человека в практике врача восстановительной медицины // Новые медицинские технологии. 2010. \mathbb{N} 6. С. 37-46.
- 111. Разумов А.Н. Медико-социальные и культурологические основы концепции охраны здоровья здорового человека / А.Н. Разумов, В.А. Пономаренко // Здоровье здорового человека / под ред. А.Н. Разумова, В.И. Покровского. М., 2007. Ч. 1, гл. 4. С. 47.
- 112. Разумов А.Н., Бобровницкий И.П. Восстановительная медицина: научная основа и пути интеграции первичной и вторичной профилакти-ки // Вестник восстановительной медицины. 2004. № 2. С. 4-9.

- 113. Разумов А.Н., Бобровницкий И.П. Восстановительная медицина: 15 лет новейшей истории этапы и направления развития // Вестник восста-новительной медицины. 2008. № 3. С. 7—13.
- 114. Рябыкина Г.В., Соболев А.В. Вариабельность ритма сердца. М.: Оверлей, 2000.-200 с.
- 115. Сафонов В.А., Тарасова Н.Н. Нервная регуляция дыхания // Физиология человека. -2006. Т. 32. № 4. С. 64-76.
- 116. Свистов Д.В., Семенютин В.Б. Регуляция мозгового кровообращения и методы ее оценки методом транскраниальной допплерографии // Регионарное кровообращение и микроциркуляция. -2003. Т. 2. № 4. С. 20–27.
- 117. Семичев С.Б. Предболезненные психические расстройства. Л.: Медицина, 1987. 183 с.
- 118. Сергин В.Я. Сознание как система внутреннего видения // Журн. высш. нервной деятельности им. И.П. Павлова. 1994. Т. 44, Вып. 4-5. С. 627-639.
 - 119. Симонов, П.В. Мотивированный мозг. М.: Наука, 1987. 267 с.
- 120. Скрябина Е.Н., Грайфер И.В., Волковская Е.В. Значение реовазографии с холодовой пробой для диагностики и лечения нарушений микроциркуляции // Саратовский научно-медицинский журнал. 2008.-N 1. С. 135-138
- 121. Словарь физиологических терминов (отв. ред. О.Г. Газенко). М.: Наука, 1987. 446 с.
- 122. Собчик Л.Н. Метод цветовых выборов модификация восьмицветового теста Люшера. СПб., 2007. 128 с.
- 123. Соколов А.В. Интегральные оценки резервов индивидуального здоровья: методические рекомендации. M., 2003. 52 с.
- 124. Соколов А.В. Роль и место интегральной оценки функциональных резервов организма в восстановительной медицине // Курортное дело. -2007. -№ 3. C. 5-10.
- 125. Соколов А.В., Стома А.В. Состояние функциональных резервов организма и возможность их коррекции у лиц различных возрастных групп. 2010. N 5. С. 36-40.
- 126. Соколов А.В., Шумова А.Л. Индивидуальные резервы организма и возможность коррекции у практически здоровых людей // Вестник восстановительной медицины. -2003. № 1. С. 16-18.
- 127. Соколов А.В., Калинин Р.Е., Стома А.В. Теория и практика диагностики функциональных резервов организма. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2015. 176 с.

- 128. Судаков К.В. Информационный принцип в физиологии: анализ с позиций общей теории функциональных систем // Успехи физиол. наук. -1995. Т. 26. № 4. С. 3–27.
- 129. Судаков К.В. Индивидуальность устойчивости к эмоциональному стрессу. М., 1998.
- 130. Судаков К.В. Информационные грани жизнедеятельности // Вестник Российской академии медицинских наук. 2002. № 6. С. 8-13.
- 131. Судаков К.В. Информационные процессы в функциональных системах организма // Энергоинформационные поля функциональных систем / под ред.К.В. Судакова. М., 2001. С. 49—128.
- 132. Судаков К.В. Информационный феномен жизнедеятельности. М.: РИА Π O, 1999. 380 с.
- 133. Судаков К.В. Теория функциональных систем как морфологическая основа медицинской диагностики. Радиоэлектроника в медицинской диагностике. 1999. С. 13-16.
- 134. Судаков К.В.Общие закономерности динамической организации функциональных систем // Человек и его здоровье. -2005. № 2. С. 4-13.
- 135. Сычев О.С., Жаринов О.И. Вариабельность сердечного ритма: физиологические механизмы, методы исследования, клиническое и прогностическое значение // Руководство по кардиологии; под ред. В.Н. Коваленко. Киев, 2008. С. 299-307.
- 136. Толоконин А.О. Метод газоразрядной визуализации в определении и оценке функциональных резервов человека в практике восстановительной медицины // Физиотерапевт. 2009. № 3. C. 71-72.
- 137. Умрюхин Е.А. Информационная модель афферентного синтеза и принятия решения // Системные аспекты физиологических функций: Тр. межвед. науч. Совета по эксперим. и приклад. физиологии / под ред. К.В. Судакова. М., 2002. Т. 11. С. 55—61
- 138. Физиология человека // под ред. В.М. Покровского, Г.Ф. Коротько. М.: Медицина, 2011.
- 139. Чекалова Н.Г., Шапошникова М.В., Назарова Л.В., Силкин Ю.Р., Кувшинов М.В. Способ оценки функциональных резервов организма детей и подростков // Патент РФ № 2405421 от 10.12.2010 г.
- 140. Шалимов П.Н., Глухов Д.В. Метрология и технология оценки функциональных резервов организма человека // Известия Южного федерального университета. $1998. N \cdot 4. T. \cdot 10. C. \cdot 14-17$

- 141. Шахнович В.А. Ишемия мозга. Нейросонология. М.: Изд-во «АСТ», 2002. 306 с.
- 142. Шейх-Заде Ю.Р., Скибицкий В.В., Катханов А.М. и соавт. Альтернативный подход к оценке вариабельности сердечного ритма // Вестник аритмологии. -2001. -№ 22. С. 49-55.
- 143. Шульгина Г.И. Основные принципы системной организации нейронов головного мозга при обработке, фиксации и воспроизведении информации // Нейрокомпьютер как основа мыслящих ЭВМ. М.: Наука, 1993. С. 23-38
- 144. Эткин В.А. Термодинамика неравновесных процессов переноса и преобразования энергии. Саратов: Изд-во СГУ, 1991
- 145. Эткин В.А. Энергодинамика. СПб.: Изд-во «Наука», 2008. 416 с.
- 146. Юдина Т.В., Сааркопель Л.М., Ракитский В.Н., Егорова М.В. Способ оценки функциональных резервов организма человека (патент РФ № 2463593.
 - 147. Юзвишин Н.И. Информациология. М., 1996. 221 с.
- 148. Юматов Е.А. Информационная концепция происхождения и эволюции жизни // Системные аспекты физиологических функций: Тр. межвед. науч. Совета по эксперим. и приклад. физиологии / под ред. К.В. Судакова. М., 2002. Т. 11. С. 99—105.
- 149. Яковлев М.Ю., Бобровницкий И.П., Лебедева О.Д. Применение диагностического программного модуля мониторинга функциональных резервов организма для оценки эффективности оздоровительно-реабилитационных программ. // Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. 2012. \mathbb{N} 2. \mathbb{C} . 7-9.
- 150. Appel M.L., Berger R.D., Saul J.P. et al. Beat to beat variability in cardiovascular variables: Noise or music? // J Am Coil Cardiol. 1989. Note 14. P. 1139-1148.
- 151. Barthel P., Schneider R., Bauer A. et al. Risk stratification after acute myocardial infarction by heart rate turbulence // Circulation. -2003. Vol. 108. P. 1221-1226.
- 152. Bernardi L., Ricordi L., Lazzari P., et al. Impaired circulation modulation of sympathovagal modulation of sympathovagal activity in diabetes // Circulation. -1992. -N 86. -P 1443-52.
- 153. Bernardi L., Salvucci F., Suardi R. et al. Evidence for an intrinsic mechanism regulating heart rate variability in the transplanted and the intact heart during submaximal dynamic exercise? Cardiovasc Res 1990; 24: 969-81.

- 154. Casolo G., Balli E., Taddei T. Decreased spontaneous heart rate variability on congestive heart failure. Am J Cardiol 1989; 64: 1162-7.
- 155. Casolo G.C., Stroder P., Signorini C. et al. Heart rate variability during the acute phase of myocardial infarction. Circulation 1992; 85: 2073-9.
- 156. Ewing D.J., Neilson J.M.M., Traus P. New method for assessing cardiac parasympathetic activity using 24-hour electrocardiograms. Br Heart J 1984; 52: 396-402.
- 157. Fontana F., Bernardi P., Lanfranchi G., Pisati M.S., Pich E.M. Blood pressure to hyperventilation test reflects daytime pressor profile // Hypertension. 2003. Vol. 41. P. 244-248.
- 158. Freeman R., Saul J.P., Roberts M.S. et al. Spectral analysis of heart rate in diabetic neuropathy. Arch Neurol 1991; 48: 185-90.
- 159. Ghuran A., Reid F., La Rovere M.T. et al. Heart rate turbulence-based predictors of fatal and nonfatal cardiac arrest (The Autonomic Tone and Reflexes After Myocardial Infarction substudy) // Am. J. Cardiol. 2002. Vol. 89. P. 184-190.
- 160. Gordon D., Herrera V.L., McAlpine L. et al. Heart rate spectral analysis: a noninvasive probe of cardiovascular regulation in critically ill children with heart disease. Ped Cardiol 1988; 9: 69-77.
- 161. Hohnloser S.H., Klingenheben T., Zabel M. Identification of patients after myocardial infarction at risk of the life-threatening arrhythmias. Eur Heart J 1999; 1 (Suppl C): 11-20.
- 162. Kamath M.V., Fallen E.L. Power spectral analysis of heart rate variability: a noninvasive signature of cardiac autonomic function. Crit Revs Biomed Eng 1993; 21: 245-311.
- 163. Kienzle M.G., Ferguson D.W., Birkett C.L., Myers G.A., Berg W.J., Mariano D.J. Clinical hemodynamic and sympathetic neural correlates of heart rate variability in congestive heart failure. Am J Cardiol 1992; 69: 482-5.
- 164. Kitney R.I., Byrne S., Edmonds M.E. et al. Heart rate variability in the assessment of autonomic diabetic neuropathy. Automedica 1982; 4: 155-67.
- 165. Malliani A., Pagani M., Lombard F., Cerutti S. Cardiovascular neural regulation explored in the frequency domain. Circulation 1991; 84: 1482-92.
- 166. Mortara A., La Rovere M.T., Signorini M.G. et al. Can power spectral analysis of heart rate variability identify a high risk subgroup of congestive heart failure patients with excessive sympathetic activation? A pilot study before and after heart transplantation. Br Heart J 1994; 71: 422-30.

- 167. Nolan J., Flapan A.D., Capewell S. et al. Decreased cardiac parasympathetic activity in chronic heart failure and its relation to left ventricular function. Br Heart J 1992; 69: 761-7.
- 168. Pagani M., Malfatto G., Pierini S. et al. Spectral analysis of heart rate variability in the assessment of autonomic diabetic neuropathy. J Auton Nerv System 1988; 23: 143-53.
- 169. Pokrovskii V.M., Abushkevich V.G., Borisova I.I. et el. Cardiorespiratory Synchronization // Human Physiology. -2002. Vol. 28. № 6. P.728.
- 170. Sands KE, Appel ML, Lilly LS et al. Power spectrum analysis of heart rate variability in human cardiac transplant recipients. Circulation 1989; 79: 76-82.
- 171. Schmidt G., Malik M., Barthel P. et al. Heart-rate turbulence after ventricular premature beats as a predictor of mortality after acute myocardial infarction // Lancet. 1999. Vol. 353. P.1390-1396.
- 172. Task force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. Heart rate variability. Standards of measurements, physiological interpretation and clinical use. Circulation 1996; 93: 1043-1065.

Научное издание

Курзанов Анатолий Николаевич Заболотских Наталья Владимировна Ковалев Дмитрий Владимирович

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ РЕЗЕРВЫ ОРГАНИЗМА

Монография



Компьютерный набор, корректура и форматирование авторов Технический редактор Кулакова Г.А. Подписано в печать 12.07.2016 Бумага офсетная. Гарнитура NewtonC Формат 60×84 1/16 Печать трафаретная. Печ. л. 6. Тираж 550 экз. Заказ № 033-16.

Отпечатано в типографии ИД «Академия Естествознания», 440026, г. Пенза, ул. Лермонтова, 3