

ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ ЧЕЛОВЕКА: МЕТОДОЛОГИЯ И ПРИНЦИПЫ ОЦЕНКИ

САМОЙЛОВ В.О.

Институт физиологии им. И.П.Павлова РАН, г. Санкт-Петербург

Основное содержание исследований функционального состояния человека на протяжении многих лет составлял анализ механизмов мобилизации физиологических резервов и энергетической стоимости совершения работы. Результаты измерений обычно сравнивались с физиологическими константами, но каждый такой показатель в отдельности оказывался недостаточным для оценки функционального состояния.

Вполне резонно стали говорить о том, что оценка функционального состояния человека и оценка состояния его физиологических функций требуют разных подходов, причем удержание физиологических (в частности, гомеостатических) констант в пределах «нормы» является не целью существования организма, а средством обеспечения необходимого (должного) уровня обмена веществ и энергии [16]. Ничто в отдельности не может быть целью гомеостатирования, поскольку выживание организма требует сохранения его как целостной, устойчивой, и в то же время динамической системы в условиях беспрестанно изменяющейся внешней среды.

Вряд ли правильно говорить о температурном гомеостазе, кальциевом гомеостазе, гормональном гомеостазе и других частных гомеостазах, хотя такая терминология часто используется в научной литературе. Уместно вспомнить емкий образ динамического постоянства внутренней среды организма высших животных, данный основоположником учения о гомеостазе Клодом Бернаром [17] (без применения этого термина, предложеного гораздо позднее [18]). К.Бернар называл внутреннюю среду организма *оранжереей* для клеток, а оранжерея только тогда выполняет свою миссию, когда в ней поддерживаются все необходимые условия жизни растений (температура, влажность, газовый состав и т.д.), а не одно из них.

В процессе взаимодействия организма с внешней средой достигается главнейшая цель – выживание и сохранение организма как целостной системы, то есть в любых условиях организм стремится гомеостатировать себя как целое, иногда даже жертвуя отдельными функциями (частями).

Поэтому функциональное состояние человека невозможно охарактеризовать простой совокупностью показателей отдельных функций организма в рамках или за рамками поддержания физиологических констант. Главным признаком хорошего состояния принято считать *слаженность* организма, его способность сохранять себя как целостную систему взаимодействующих элементов при изменениях окружающей среды, в частности, при нагрузках и экстремальных состояниях. П.К. Анохин нашел меткое слово для характеристики целостности живой системы, говоря не о взаимодействии, а о *взаимосодействии ее элементов*.

В физиологии труда и эргономике функциональное состояние определяется как «комплекс налич-

ных характеристик тех функций и качеств, которые прямо или косвенно обуславливают выполнение заданной деятельности» [7]. Здесь подчеркнута непосредственная связь показателей функционального состояния с эффективностью труда и работоспособностью человека. В развитие этого определения словарь физиологических терминов [15] акцентирует внимание на адекватности системных физиологических реакций человека потребностям трудовой деятельности и называет определяющим критерием функционального состояния характер *интеграции* функций в организме.

Интегральные параметры функционального состояния должны включать не только показатели работоспособности человека и эффективности его трудовой деятельности, но и результаты *объективной количественной оценки физиологических процессов* и, что очень важно, функционирования регуляторных систем организма, обеспечивающих его целостность, благодаря интеграции функций. По мере того как в оценку функционального состояния человека внедрялись методы исследования различных проявлений его жизнедеятельности, достижениями физиологии труда и эргономики стала пользоваться клиническая медицина.

Клиники и физиологические лаборатории сейчас оснащены разнообразной аппаратурой, что позволило преодолеть прежде ощущаемый недостаток количественных данных, характеризующих различные показатели жизнедеятельности. Врачи и физиологи буквально утопают в море чисел, получаемых при обследовании пациента. Предъявляя функциональные пробы, специалист в области функциональной диагностики давно понял, что реакция любой системы организма отражает работу регуляторных механизмов, направленных на устранение последствий возмущающего воздействия, причем не только в данной, но и во всех системах организма. Только комплексный анализ всей совокупности измеренных показателей, их интегральная оценка позволяют адекватно оценить функциональное состояние.

Для понимания особенностей двух направлений (полипараметрического и монопараметрического) комплексной оценки функционального состояния целесообразно вспомнить классификацию так называемых сфер проявления жизнедеятельности человека, предложенную К.Биша (Bichat) в начале XIX века. По мысли автора, жизнедеятельность человека проявляется в вегетатике, соматике и психике. Комплексный подход к оценке функционального состояния человека должен, очевидно, включать объективное исследование и вегетатики, и соматики, и психики.

Суть вегетатики («растительной жизни») составляет обмен веществ и энергии между организмом и окружающей средой. В лекциях по «Физиологии растительных процессов» И.М.Сеченов [14] называл метаболизм глубинной сущностью жизни. Вегета-

тивные функции (дыхание, кровообращение, пищеварение, выделение) служат обеспечению обмена веществ, причем характер и уровень метаболизма задают режим работы всем вегетативным функциям посредством регуляторных механизмов.

Используя терминологию кибернетики, говорят: уровень метаболизма служит *установкой* (задающим параметром) для вегетативных функций. Не случайно Н.Н. Савицкий [10] в формулах должных величин минутных объемов дыхания и кровообращения использовал в качестве аргумента энерготраты организма – интегральный показатель обмена энергии. Н.Н. Савицкий показал, что именно этот процесс задает режим функционирования дыхания и кровообращению.

При полипараметрическом исследовании функционального состояния организма необходимо уделять внимание не только вегетативным, но и соматическим процессам, а также психической деятельности человека. Анализируя многочисленные работы, посвященные функциональному состоянию, приходишь к выводу, что достичь гармонии в изучении всех трех сфер проявления жизнедеятельности человека удается немногим. Одни исследователи изучают преимущественно вегетатику, другие – психосоматику. На мой взгляд, сейчас неоправданно доминируют психофизиологические исследования функционального состояния.

Самой трудной проблемой полипараметрической оценки функционального состояния человека является синтез показателей, полученных при аналитических исследованиях. Результаты анализа бывают столь разнонаправленными, что нередко ставят врача в тупик, особенно при функциональных пробах. Некоторые параметры жизнедеятельности могут изменяться в пределах физиологической нормы, другие – выходят за них, причем одна часть таких «зашкаливаний» может интерпретироваться как благоприятный феномен, другая – как свидетельство угрожающего жизни и даже несовместимого с ней состояния. Как привести такие результаты к «общему знаменателю», чтобы сделать правильный вывод о функциональном состоянии пациента?

Одной из первых удачных попыток интегральной оценки «респираторно-гемодинамической системы» явилось построение «вегетативного портрета». Инструкция для врачей и исследователей по его применению была составлена В.Г. Дейнегой и В.А. Шидловским в 1980 г. [3]. Авторам удалось преодолеть в некоторой степени трудности, присущие полипараметрическому направлению работ по оценке состояния, когда снимается много показателей жизнедеятельности, а для достижения цели требуется их обобщение. В этом случае решается задача по созданию некоего *образа* функционального состояния. При синтезе такого образа (на бумаге или в компьютере) сложнее всего рассчитать весовые коэффициенты при разных показателях одной функции и при показателях различных функций.

Стандартные статистические методы анализа данных малопригодны для интегральной оценки состояния. Даже анализ реакций на функциональные пробы посредством этих методов не удовлетворяет специалистов. В излишне детализированной картине редко удается разглядеть изменения функционального состояния на системном уровне. Более

успешным оказалось применение методологии системного подхода [2,4,9]. При выборе математического аппарата для интегральной оценки состояния необходимо учитывать ту особенность показателей жизнедеятельности, что будучи измеренными внутри однородных групп, они весьма вариабельны и сильно коррелируют между собой [8].

Выбор совокупности параметров исследуемой системы зависит от цели исследования. Если исследование организма проводится с целью дискриминации его различных функциональных состояний (под такой *дискриминацией* понимают соотношение полученного результата с известными показателями определенного функционального состояния), то предпочитают отображать для анализа наиболее информативные признаки, минимально коррелирующие между собой. Если же проводится комплексная оценка изменений в организме (например, при функциональных пробах), то приходится учитывать все множество измеренных показателей [5].

Для определения весовых коэффициентов при разработке критериев работоспособности корабельных специалистов на основе изучения их функционального состояния довольно успешно использовались коэффициенты корреляции между каждым из параметров исследованных вегетативных, соматических, психических функций и прямым показателем работоспособности – количеством ошибок, допускаемых моряками-операторами при исполнении в море своих обязанностей [13]. Исследования, подтвердившие возможность динамического прогнозирования функционального состояния и работоспособности корабельных специалистов в плавании, базировались на таком математическом аппарате, как цепи Маркова.

В клинике и эргономике целесообразно искать весовые коэффициенты при различных показателях функционального состояния на основе теории многофакторного анализа и статусметрии. Внедрение компьютеров позволило решать такие задачи по оценке функционального состояния, которые ранее были просто нерешаемыми. И вместе с тем опыт применения математики к решению этих и других медицинских задач лишней раз подтверждает слова знаменитого математика Гаусса, которые любил повторять не менее знаменитый А.Н. Крылов: «Математика подобна жерновом: засыпешь в них зерно, получишь муку, засыпешь мусор, получишь труху». Требования к метрологии в медицинских исследованиях функционального состояния очень высоки.

Наряду с полипараметрическим направлением оценки функционального состояния до сих пор успешно применяется и *монопараметрическое*. К нему прибегают не только от бедности. Во многих случаях, включая и экстренную оценку функционального состояния в экстремальной ситуации, удастся ограничиться всего одним показателем. Для этого целесообразно использовать какой-либо из показателей функционирования *регуляторных систем организма*, поскольку в них интегрируется вся его деятельность. Именно поэтому даже один из показателей регуляторных процессов способен выполнить в какой-то мере миссию интегрального параметра функционального состояния.

Монопараметрическая оценка состояния возможна, к примеру, на базе определения вариатив-

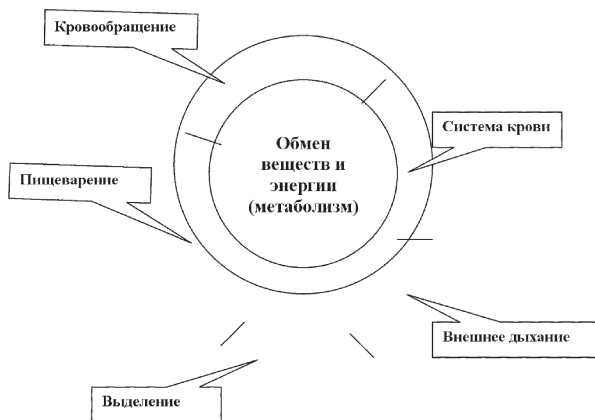


Рис. Обмен веществ и энергии (метаболизм) как установка вегетативным процессам.

ности частоты сердечных сокращений, динамики кровенаполнения подкожных сосудов, с чем, по-видимому, связаны кожно-гальваническая реакция (КРГ), интенсивность инфракрасного излучения кожи, эффект Кирлиан и т.п. Можно полагать, что к этой категории исследований функционального состояния относятся и методы восточной медицины.

Вместе с тем интегральным показателем функционального состояния организма может служить количественная характеристика интенсивности клеточного дыхания тканей человека *in situ*. В качестве такой характеристики наша лаборатория использует скорость переноса электронов в дыхательной цепи митохондрий, определяемую по собственной флуоресценции двух компонентов этой цепи: восстановленных пиридиннуклеотидов (НАДН) и окисленных флавопротеидов. Методика исследования клеточного дыхания является неинвазивной и не причиняет каких-либо неприятностей пациенту [6, 11, 12].

Применение этого метода для оценки функционального состояния основано на изложенной выше концепции, согласно которой клеточный метаболизм предопределяет уровень функционирования всех вегетативных систем, а в динамике клеточного дыхания непременно находят отражение изменения в любом из метаболических путей. Поэтому интенсивность клеточного дыхания может служить интеграль-

ным показателем функционального состояния организма.

Таким образом, для оценки функционального состояния человека используют как полипараметрический, так и монопараметрический подходы, но в обоих случаях оценивается характер интеграции функций в организме, в чем и проявляется его сложность, взаимодействие всех частей целостной системы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Анохин П.К. Очерки по физиологии функциональных систем. – М. Медицина. – 1975. – 91 с.
2. Ардаматский Н.А. Системный подход и системный анализ как методологическая основа медицинской науки и практики // Вестник новых медицинских технологий – 1996. – Т. 3 – № 1 – с. 85-88.
3. Инструкция по применению интегральной оценки состояния респираторно-гемодинамической системы методом построения вегетативного портрета (Для практических врачей и исследователей). – М. Изд. Минздрава СССР. – 1980. – 15 с.
4. Клар Дж. Системология. Автоматизация решения системных задач. – М. Радио и связь. – 1990. – 554 с.
5. Конрадов А.А. Статистические подходы к анализу многомерных гетерогенных биологических систем // Радиационная биология. – 1994. – Т. 34. – Вып. 6. – с. 877 – 886.
6. Люминесцентный анализ в гастроэнтерологии. – Л. Наука. – 1984. – 236 с.
7. Медведев В.И. Функциональное состояние оператора. Эргономика. Принципы и рекомендации. – М. – 1970. – Т. 1. – с. 127-160.
8. Миронкина Ю.Н., Бобров А.Ф. Информационная технология статистического синтеза критериев и алгоритмов оценки функционального состояния человека в прикладных медико-биологических исследованиях. // Информационные технологии. – 1998. – № 3. – с. 41-47.
9. Попечителей Е.П. Методы медико-биологических исследований. Системные аспекты. – Житомир. – 1997. – 186 с.
10. Савицкий Н.Н. Некоторые методы исследования и функциональной оценки системы кровообращения. – Л. Медгиз. – 1956. – 327 с.
11. Самойлов В.О. Биологические основы исследования флуоресценции живых тканей для решения медицинских задач // Научно-технические ведомости СПбГТУ. – 1998. – № 2-3 (12-13) – с. 55-60.
12. Самойлов В.О., Барский И.Я., Бигдай Е.В., Крупенчук А.И., Шабалин В.В., Асанов О.Н. Прижизненная флуориметрия в физиологии и клинике // Медицинская техника. – 1997. – № 3. – с. 3-7.
13. Самойлов В.О., Кулешов В.И., Маренко Ю.А. Оценка функционального состояния и работоспособности моряков // В кн.: Человек и море. – СПб. – Изд. СПбГЭТУ. – 1994. – с. 11-15.
14. Сеченов И.М. Физиология растительных процессов. – СПб. – 1971. – 161 с.
15. Словарь физиологических терминов. – М. – 1987. – 408 с.
16. Шидловский В.А. Системный анализ вегетативных функций // Вопросы кибернетики. – 1977. – Вып. 36 – с. 5-21.
17. Bernard Cl. Lecons sur les effects des substances toxiques et medicamenteuses. – Paris. Bailliere. – 1857. – 488p.
18. Cannon W.B. The Wisdom of the body. – New York. – Norton. – 1939.

РЕАЛИЗАЦИЯ НАЦИОНАЛЬНОГО ПРОЕКТА «ЗДОРОВЬЕ» В ВОССТАНОВИТЕЛЬНОЙ МЕДИЦИНЕ И МЕДИЦИНСКОЙ РЕАБИЛИТАЦИИ ЛИЦ ОПАСНЫХ ПРОФЕССИЙ

ЛЯДОВ К.В., ПРЕОБРАЖЕНСКИЙ В.Н., МАКАРОВА М.Р.

ФГУ «Лечебно-реабилитационный центр Росздрава», кафедра физической реабилитации РМАПО

За последние годы достаточно полно сформулирована концепция профессионального здоровья и методология проведения медицинской реабилитации. Еще большее значение развитие этого направления приобретает в связи с развитием концепции здоровья здорового человека, определенной Минздравсоцразвития России как основное профилактическое направление на ближайшие годы.

Особую значимость профилактических программ определяет тот факт, что в последнее десятилетие прогрессируют социально зависимые и про-

фессионально обусловленные дефекты здоровья населения (дизадаптивные синдромы, социально-экологическое утомление и переутомление, стрессогенные заболевания). После болезней системы кровообращения вторыми в структуре причин смерти стали несчастные случаи, отравления и травмы. На протяжении многих лет общие тенденции в смертности населения страны определяет ситуация со сверхсмертностью людей рабочих возрастов. Так, по данным Государственного доклада о состоянии здоровья населения России, среди умерших в рабочих