

человека - дистанционно, в процессе эксперимента осуществлялось психологическое тестирование, непрерывно регистрировались отдельные физиологические параметры и показания экспертов. Подготовленные и обученные люди были взаимозаменяемы и выступали и как эксперты и как испытуемые. Обработка экспериментальных данных проводилась с помощью пакета Statgraphics.

УДК 615.814.1

СИСТЕМНАЯ МОДЕЛЬ ОРГАНИЗМА ЧЕЛОВЕКА И МЕТОДОЛОГИЯ РАННЕЙ ДИАГНОСТИКИ

Загрядский Т.А.

*Академия медико-технических наук России
129301 г.Москва, ул. Косаткина, д.3, т.26302-35, ф. 26304-00*

Настоящая работа посвящена одному из основных этапов создания альтернативного метода медицинского обеспечения экипажей космонавтов отечественной многоразовой космической системы «Буран» — разработке системной модели организма человека и ее использовании для ранней диагностики патологических отклонений и заболеваний.

Организм человека в условиях космического полета претерпевает многогранную перестройку практически во всех органах, тканях и системах организма.

Контроль за этими процессами требует не только совершенствования комплекса общеизвестных диагностических и прогностических мер, но также создания новых методологических подходов и технологий, которые позволили бы выявлять и анализировать начальные (информационные) изменения в структуре взаимодействия отдельных функциональных систем под воздействием множества взаимосвязанных экзо- и эндогенных факторов. Анализ существующих методологических подходов из клинической медицины и авиационно-космической физиологии не выявил общей базы и критериев для анализа упомянутых процессов, происходящих в разных системах организма, с помощью единой единицы измерения. Из-за того, что до сих пор для оценки состояния разных органов и систем в клинической медицине пользуются, как правило, несопоставимыми между собой параметрами и единицами их измерения, не удается на качественном и количественном уровнях определить границы понятий «здоровье» и «патология». Из-за этого же до сих пор не удалось создать и какой-либо интегральной системы для оценки эффективности лечебных факторов различной природы.

В космической экспедиции отсутствие такой системы объективного контроля и выявления ранних отклонений в организме может привести к непоправимым последствиям, в особенности в длительных космических полетах. Именно поэтому была предпринята попытка разработки принципиально новой системы медицинского обеспечения на основе концепции пунктурной электродиагностики (ПЭД) с использованием анализа биоэлектрической информации точек акупунктуры (ТА).

Эти ТА, объединенные в так называемые меридианы, согласно древневосточным медицинским канонам в полной мере обладали необходимым качеством системности, хотя многие аспекты этих канонов ко времени начала работ не имели экспериментального подтверждения и обоснования.

Точки акупунктуры как неспецифические преобразователи входной и выходной информации

К настоящему времени общепринято, что каждая проекция корпоральной ТА, используемая для ПЭД, составляет в диаметре около 3-5 мм. Однако «активный» элемент

этих ТА, обеспечивающих биоэлектрические проявления, расположен в глубине кожи и подкожной клетчатке. Этот «активный» элемент образован клубочками мелких сосудов, комплексом известных афферентных механорецепторных элементов, а также скоплениями эфферентных вегетативных периферических элементов, оказывающими трофическое влияние на соматические рецепторы. Экспериментально нами было доказано, что эфферентная вегетативная импульсация существенно влияет на пороги чувствительности и деполяризации рецепторных мембран, клеток сосочкового слоя кожи, клеток самих свободных вегетативных окончаний. Скопление непостоянных клеточных элементов, таких как тучные клетки, влияет также и на прямые электрогенные эффекты, регистрируемые на поверхности кожи, в виде закономерной динамики биоэлектрических параметров. Кроме того эти клетки обладают кумулятивным свойством к электрическому и лазерному воздействию. Поскольку в области ТА упомянутых нейрорецепторных и вегетативных элементов количественно значительно больше, чем в зонах, где ТА отсутствуют, то и регистрируемые биоэлектрические эффекты здесь значительно более выраженные. Динамичность биоэлектричества ТА обусловлена, как удалось нам установить, в основном за счет функционирования этого «активного» элемента. Принцип соматического перекрытия, разработанный Р.А. Дуриняном, позволяет объединить соматический и висцеральный отделы нервной системы в единую функциональную систему. Следовательно, группа ТА, имеющая общую функциональную направленность — акупунктурный меридиан — может быть отождествлена с периферическим звеном своеобразной сомато-висцеральной функциональной системы (СВФС). Следовательно можно утверждать, что именно описанная структурная особенность ТА может служить физиологической основой для понимания эфферентной биоэлектрической активности некоторых ТА в ответ на определенные виды функциональных нагрузок. Современные экспериментальные данные по физиологии вегетативной нервной системы допускают также участие эфферентных влияний на спонтанные уровни колебаний возбудимости самих рецепторов и всего «активного» элемента ТА, состояние которого определяет информативную диагностически значимую динамику биоэлектрических параметров этих ТА. Из сказанного следует, что ТА, как своеобразные неспецифические рецепторы, могут выступать одновременно в двух аспектах: как периферические рецепторы висцеральной и соматической систем, так и в качестве их эфферентного звена. Другими словами, одновременно играть роль энергоинформационных преобразователей входной и выходной информации.

Сомато-висцеральная функциональная система — основа пунктурной электродиагностики состояния целостного организма

ПЭД основана на положениях, согласно которым определенным изменениям биофизических параметров конкретных ТА соответствуют определенные симптомокомплексы, связанные с заинтересованностью того или иного органа или определенной функциональной системой организма. При этом гиподисфункция (утомление, истощение) сопровождается повышением электрокожного сопротивления (ЭКС), а гипердисфункция (активация, возбуждение) — снижением ЭКС в связанной с этой системой или органом группе ТА, которые объединяются термином меридиан.

Данная теоретическая посылка хорошо согласуется с такими понятиями как «функциональный орган» А.А.Ухтомского, «висцеральная система» В.М.Черниговского, а также с положениями теории «функциональных систем» П.К.Анохина, нашедшими свое дальнейшее развитие в последних работах К.М.Судакова, и позволяет отождествить традиционный термин МЕРИДИАН с понятием сомато-висцеральной функциональной системы (СВФС). Аналогичная интерпретация этого же термина поддерживается подавляющим большинством отечественных и зарубежных китайцеведов, а также специалистов в области восточной медицины. С этих теоретических позиций процесс афферентного синтеза при формировании функциональной системы (вне зависимости вызван ли он эндо- или экзогенными факторами) всегда заканчивается опережающей активацией специфических нейронных образований, возбуждение которых проявляется

I. Модели и методы оценки и коррекции психофизиологического состояния человека-оператора

как на конкретных исполнительных органах (или СВФС), так и на соответствующих им ТА. Комбинация этих возбужденных ТА составляет определенный электрофизиологический паттерн, являющийся внешним (периферическим) отражением конкретного «поведенческого кванта» (К.М.Судакову) или определенным функциональным состоянием (ФС) организма, понимаемым как результат взаимодействия всех входящих в совокупность реагировавших элементов, определяющих в конечном итоге эффективность деятельности человека и адаптацию его организма как целостного. Этот механизм справедлив как для психических, так и для соматических функций.

Были проведены экспериментальные и клинические исследования с участием около 1500 практически здоровых добровольцев-испытателей в 24-х стандартных функциональных состояниях при воздействии на организм ряда моделируемых и естественных эндо- и экзогенных факторов, а также с участием свыше 22 000 пациентов страдающих различной патологией. Общее количество измерений параметров ТА превысило 6 млн. значений. Для обработки и анализа полученного материала были разработаны и апробированы ряд математических моделей и подходов.

Математические модели распознавания функциональных состояний и патологических отклонений

Как уже было показано, ПЭД сводилась по существу к процедуре математического распознавания электрофизиологических паттернов, являющихся отражением структуры адаптивных процессов целостного организма при сочетании конкретных экзо- и эндогенных факторов.

Математические модели на основе базовой статистики. Дисперсионный анализ выявил наборы (паттерны) диагностически значимых ТА для каждого вида ФС. Достоверность различий этих ФС между собой составляла не хуже 73-76% при распознавании ФС в одном классе состояний. Применение корреляционного анализа в совокупности с контрольными физиологическими и биохимическими показателями позволила выделить определенную группу ТА, по динамике ЭКС которых возможна оценка степени изменения ФС в одном и том же классе состояний, например степени утомления при определенной моделируемой нагрузке или степень развития той или иной патологии, или степень резерва адаптационных способностей. В последнем случае применялись специальные нагрузочные тесты.

Математические модели на основе методов многомерной статистики. Здесь применялись алгоритмы распознавания по критериям Фишера-Снедекора и Байеса.

Совокупность этих алгоритмов позволила построить правила адаптации диагностической процедуры для распознавания отдельных ФС конкретной группы как нескольких переходных стадий. Достоверность в этом случае достигала 82-86 %. При этом появлялась возможность сформировать персональные выборки для распознавания ряда ФС у конкретного испытуемого. В этом случае достоверность повышалась до 92 %.

Применение двухмерной матричной статистики также позволила существенно улучшить распознавание не только нескольких классов ФС, но и классифицировать переходные состояния. Использование процедуры сравнения матриц (Z-преобразование Фишера) позволило не только улучшить распознавание до 94-96 %, но и проиллюстрировать графически наличие функциональных связей между отдельными СВФС и определить структуру и тактику адаптационного процесса в целостном организме, что объективно подтверждает наличие опережающей стадии эфферентного синтеза, описанной в теории П.К.Анохина.

Применение линейного многомерного дискриминантного анализа в интерактивном режиме. С применением этого метода были получены разделяющие правила для распознавания не только влияния различных последовательностей воздействующих факторов, но и между ФС, возникающими при комбинации нескольких воздействующих факторов. Достоверность распознавания ФС с применением этой

процедуры было не менее 96-97%, применение этого же подхода к процедуре распознавания ФС у одного и того же человека (например космонавта) на основе формирования индивидуальных нормативов достигала 98-99%, что значительно превышает валидность любого комплекса современных параклинических и лабораторных методов диагностики.

Применение многомерного кластерного анализа в интерактивном режиме. Суть этого метода заключается в распознавании паттернов соответствующих ФС и представленных в виде вектора в многомерном пространстве путем последовательного (пошагового) проецирования геометрической структуры паттерна на экране ЭВМ. При этом объекты близкие в многомерном пространстве должны сохранять близость и на экране. Исследователь, вручную поворачивая плоскость наблюдения, глазом разделяет эти паттерны с удовлетворяющей достоверностью. В последующем этому правилу была «обучена» и ЭВМ, которая могла работать уже в автоматическом режиме. Описанным здесь правилом удалось разделить ряд переходных состояний, которые развиваются в процессе формирования специфических ФС, свойственных отдельным фазам процесса при последовательном наложении различных по модальности и физиологической значимости факторов, что особенно актуально для космонавтов на этапах подготовки и во время космического полета. Применение многомерного шкалирования, в том числе и расчет введения соответствующей нелинейности, так же позволяет довести достоверность распознавания на индивидуальных выборках до уровня 98-99%.

Таким образом последовательное использование ряда алгоритмов математического распознавания позволило сделать ряд выводов:

- о структуре ФС человека можно судить по паттерну — перечню ТА, ЭКС которых вышло за допустимый диапазон значений;
- изменение структуры паттерна свидетельствует об изменении комбинации входящих в адаптивный процесс СВФС организма;
- различные классы ФС, как и переходные состояния между ними, будут отличаться по виду (образу) паттерна;
- весовой вклад каждой конкретной системы в ФС целостного организма характеризуется относительной динамикой ЭКС соответствующей ТА;
- об информационной связи и взаимном влиянии между отдельными системами организма можно судить по величине коэффициентов взаимной корреляции между показателями соответствующих ТА;
- информационная и энергетическая значимость воздействующего экзо- и эндогенного фактора на чувствительность отдельных систем и организма в целом определяется наличием и характером специфической динамики ЭКС соответствующей ТА;
- процесс организации специфического ФС и соответствующего ему паттерна по времени всегда опережает осознанную (корковую) реакцию человека в процессе выбора адаптационной тактики, поскольку он обусловлен специфическими подкорковыми механизмами, участвующими в стадии эфферентного синтеза. Контроль за этим механизмом очень важен для прогнозирования состояния человека-оператора или выявления донологических отклонений, а также создания на этой основе систем адаптивного биоуправления с использованием ТА;
- проверка диагностической достоверности ПЭД ФС показала, что этот метод позволяет достигнуть эффективности распознавания на уровне более 88-98%; по эффективности это находится практически на одном и том же уровне с применяемой в настоящее время совокупностью большого числа параклинических и электрофизиологических методик, а в отдельных случаях позволяет заменить их;

I. Модели и методы оценки и коррекции психофизиологического состояния человека-оператора

– системный подход к выбору оптимального рецепта ТА — наиболее эффективного для коррекции выявленных отклонений в каждом конкретном случае — может быть обеспечен статическим анализом с применением общепринятых регрессионных моделей, на основе специальных моделей линейного дискриминационного анализа, а также с использованием 4-мерной пространственно-временной модели, разработанной на основе традиционных восточных методов медицинских канонов.

Перечисленные выше выводы были реализованы в программных продуктах для микропроцессорных автоматизированных технических средствах для оценки и коррекции состояний человека серий «сигнал-РД» и «прогноз-А», «прогноз-Мини».

Области применения пунктурной электродиагностики

Применение ПЭД в космической медицине. Первая в мире успешная апробация методики ПЭД и соответствующего прибора «сигнал-РД» была осуществлена в июле 1984 г. космонавтами И.П.Волковым и И.Ю.Атьковым. В последующем, практически все отечественные космические экспедиции, вплоть до 1995 г., в том числе с участием врача-космонавта В.В.Полякова, комплектовались модификациями аппаратно-программных комплексов для ПЭД «сигнал-РД», «прогноз-Мини», «прогноз-А».

При анализе послеполетного материала было подтверждено, что вид (образ) паттерна позволяет проводить оценку ФС целостного организма, отдельных его систем, определять «слабое звено» и своевременно выполнять превентивные мероприятия.

ПЭД в психосоматической медицине. Использование ПЭД и определение на этой основе оптимального рецепта ТА для коррекции выявленных нарушений было весьма эффективно, что подтверждено в клинике неврозов при Хальденбергском университете (Германия).

ПЭД в медицине катастроф. Применение ПЭД позволило выявить структуру адаптивного процесса у пациентов в условиях Краш-синдрома и общего травматического шока. Эти показатели были положены в основу тактики лечения в травматологической клинике Института скорой помощи им. Н.И. Склифосовского (Москва).

ПЭД и биоэнергетика. Эта методика оказалась единственной, которая позволила объективизировать терапевтический эффект биоэнергооператоров при их испытаниях во ВНИИ традиционной народной медицины.

ПЭД и рефлексотерапия. Применение ПЭД позволило объективизировать подбор рецепта ТА и оценить эффективность лечения.

ПЭД и физиотерапия. Проведение физиотерапевтического лечения нуждается в объективной базе для подбора дозировки физиотерапевтического фактора и оценки разового и курсового лечения. ПЭД полностью решает эту задачу и позволяет прогнозировать терапевтический эффект.

ПЭД в гомеопатии. Применение данной методики и аппаратуры позволило объективизировать подбор гомеопатических средств и оценить их эффективность без присущих методике Р.Фолля субъективизма и других недостатков.

Таким образом разработанная методология и системная модель на основе ПЭД оказалась весьма эффективной для многих отраслей здравоохранения, эргономики и экологии и других областей естественных наук, где целостный организм выступает в виде сложной многоуровневой иерархической живой системы.