

Системный анализ и принятие решений

Лекция 12

Особенности биологического
объекта как объекта
исследований.

Коробов Александр Сергеевич

710-4271

sa_k310@mail.ru

Особенности организма, как объекта исследований

- Вследствие большой морфологической и функциональной сложности биологического организма в нем возможно наличие большого количества возможных состояний.
- При этом на него непрерывно воздействуют различные физические и психические факторы, вызывающие активацию и ответную реакцию тех или иных подсистем регулирования.
- Поэтому поведение организма, подвергшегося физическому воздействию одного и того же уровня в разные моменты времени, носит вероятностный характер.
- Точный учет самих воздействующих факторов и получаемых при этом результатов обычно невозможен. Последнее особенно сильно касается психофизиологических факторов, количественная оценка которых затруднена.

Особенности организма, как объекта исследований (продолжение)

- При оценке состояния организма в полном объеме необходимо использовать все методы и измерительные операции, известные в технических науках.
- Это следствие того, что в организме есть все то, что мы знаем об окружающем нас мире, а также много такого, о чем мы пока даже не догадываемся. Он является
 - химическим заводом огромной сложности
 - генератором энергий, частным видом которой является электрическая
 - источником излучений, находящихся в полосе частот от инфранизкочастотного до оптического диапазонов, а может быть и до рентгеновского, что пока еще не установлено.
- В организме использованы все принципы, которые изучаются в физике, механике и других технических науках.
- Из-за большого количества параметров, характеризующих биологическую систему, затруднена возможность их одновременного фиксирования.

Методы оценки физических параметров и характеристик организма

- Все методы можно разделить на две группы:
 - неинвазивные;
 - инвазивные.
- При неинвазивных методах во время выполнения измерительных операций целостность кожного покрова не нарушается.
- Получение информации с помощью инвазивных методов связано с нарушением целостности поверхности биологического организма.

Общая характеристика физических параметров биологического организма

- Вокруг и внутри биологического объекта при его жизнедеятельности всегда имеются физические поля, которые недостаточно изучены. Их распределение в пространстве и изменение во времени несут важную информацию о состоянии биологического организма.
- Известно, что любые тела, температура которых не равна абсолютному нулю, излучают электромагнитные волны всех длин.
- Биологический объект как любое физическое тело является источником равновесного электромагнитного излучения. Для тела с температурой 300 К тепловое излучение наиболее интенсивно в инфракрасном диапазоне длин волн.
- Радиоизлучение человеческого тела зарегистрировано в сантиметровом и дециметровом диапазоне длин волн. Излучение в этой области частот позволяет оценить температуру глубинных структур биологического организма, так как оно приходит из этих слоев.

Электрические поля

- Для биологического организма характерно наличие сравнительно низкочастотных электрических полей. Они, как правило, характеризуют функционирование отдельных органов и функциональных систем.
- Низкочастотные электрические поля в значительной степени экранируются высокопроводящими тканями биологического объекта с неоднородным распределением электрической проводимости. Причем обычно можно выделить квазистатический электрический заряд, имеющийся на определенном участке поверхности, и заряды, изменяющиеся синхронно с изменением свойств определенного органа или системы при его функционировании.
- Спектр переменных сигналов, характеризующих функционирование органов и систем, лежит в полосе частот от инфранизких до 1-2 кГц. Они регистрируются при проведении электрокардиографии, электроэнцефалографии и пр.
- Основная часть приборов для функциональной диагностики основана на измерении разности переменных потенциалов, имеющих между участками на кожном покрове

Акустические волны

- Человеческий организм хорошо прозрачен для акустических волн с частотами до нескольких десятков МГц. Поэтому информацию о состоянии объекта несут акустические сигналы, выходящие из глубины организма.
- Прослушивание организма в инфразвуковом диапазоне даст важную информацию о механическом функционировании внутренних органов, мышц и т.д.
- Высокочастотные акустические сигналы создаются источниками, которые могут функционировать даже на клеточном или молекулярном уровнях.
- При акустических исследованиях возможно получение хорошего пространственного разрешения, так как длина акустической волны намного меньше, чем электромагнитной волны той же частоты.

Магнитные поля

- Вокруг биологического организма имеются магнитные поля. Они вызваны следующими факторами:
 - ионными токами, протекающими в клетках и организме в целом;
 - мельчайшими ферромагнитными частицами, попавшими или специально введенными в организм;
 - неоднородностью магнитной восприимчивости, имеющейся у различных органов, что приводит к искажениям наложенного внешнего поля.

Динамика картины измерений

- Параметры излучения модулированы "процессами", происходящими в диагностируемом организме. Поэтому физические поля изучают при тесной их привязке к быстро меняющимся параметрам, характеризующим психофизиологическое состояние и работу подсистем регулирования, обеспечивающих гомеостаз.
- Дополнительную сложность вызывает то, что биологический объект представляет собой систему с существенно неоднородными, нестационарными распределенными параметрами.
- Поэтому картина физических электромагнитных полей вокруг и внутри них непрерывно меняется.

Примеры измеряемых параметров биологических тканей

- пассивные электрические свойства тканей: электропроводность; электрическое сопротивление; импеданс; электрическую емкость; комплексную диэлектрическую проницаемость и ее составляющие;
- активные электромагнитные характеристики органов, тканей клеток: биоэлектрические потенциалы; электрические токи и их плотность; электрические заряды; параметры электрического и магнитного полей; параметры и характеристики излучений в инфракрасной, видимой и ультрафиолетовой областях спектра;
- пассивные оптические свойства тканей: коэффициенты поглощения и их спектральные значения; оптические плотности; коэффициенты отражения; коэффициенты пропускания и их спектральные значения;
- пассивные магнитные свойства биологических тканей
- механические свойства тканей: плотность (объемная масса); удельный вес; вязкость; механическое напряжение; относительные деформации; модуль и коэффициент объемного сжатия; модуль продольной упругости; твердость;
- параметры, характеризующие подвижность органов и частей тела;
- пассивные акустические свойства и акустические излучения организма: скорость продольных и поперечных волн; акустическое сопротивление и др.;
- пассивные теплофизические свойства: теплоемкость; коэффициент теплопроводности и его температурная зависимость;
- - биофизические параметры дыхания: парциальное давление; растворимость и коэффициент растворимости; минутный объем дыхания и др.

Потенциально полезные для измерения физические эффекты

- Кроме перечисленных, для биологического организма, его тканей и жидкостей характерно наличие ряда физических явлений, которые еще ждут своего практического применения, например:
- эффект Холла;
- эффект Кикоина-Носкова (фотомагнитный эффект, возникновение ЭДС под действием света при наличии магнитного поля, которая направлена перпендикулярно направлению распространения света и магнитного поля);
- эффект Коттона-Мутона (превращение оптически изотропного вещества в оптически анизотропное под действием сильного внешнего магнитного поля);
- эффект Фарадея (приобретение оптически неактивным веществом способности вращать плоскость поляризации электромагнитной волны (света) под действием магнитного поля);
- эффект Керра (превращение оптически изотропного диэлектрика в оптически анизотропный при наложении сильного электрического поля);
- эффект Зеебека (возникновение ЭДС на концах электрической цепи, состоящей из последовательно соединенных разнородных проводников, имеющих разную температуру);
- эффект фотопроводимости (изменение электрического сопротивления под влиянием электромагнитного излучения (света));
- фотомеханический эффект (изменение механических свойств (вязкости) под влиянием света);
- и многое др.

Сложность измерения показателей организма

- Измерения параметров биообъектов достаточно сложны. Это обусловлено:
 - малыми абсолютными значениями измеряемых величин;
 - большими значениями внутренних шумов, обусловленных одновременной работой многих подсистем;
 - большими значениями внешних помех и наводок;
 - сложностями с надежной фиксацией измерительных преобразователей и определением их точного местоположения;
 - нестабильностью и нестационарностью результатов, получаемых с помощью измерительных преобразователей;
 - недостаточно хорошей воспроизводимостью результатов, получаемых с помощью одной и той же аппаратуры.
- Из-за вышеперечисленных обстоятельств чисто технократический подход, при котором плохо учитываются свойства объекта измерений, не всегда приемлем для решения задачи создания технических средств для проведения диагностических исследований.

Сложность измерения показателей организма (продолжение)

- Для биологических организмов характерна изменчивость и индивидуальность параметров и показателей и, даже на групповом уровне, их зависимость от национальных, возрастных, генетических и климатических особенностей.
- Поэтому приходится всегда описывать свойства группы, в которой проводятся исследования одних и тех же проявлений.
- Для установления каких-либо закономерностей в медицине широко применяются методы математической статистики. Это обусловлено тем, что из-за субъективности и многофакторности получаемых результатов установить объективные закономерности можно только после математической обработки достаточно большого массива статистического материала.
- Получение его часто затруднительно, так как некоторые биологические процессы по длительности соизмеримы с продолжительностью существования биологической системы. И даже в случаях, когда определение интересующего параметра или показателя можно выполнить очень быстро, набор статистического материала, его осмысливание, с целью установления объективных закономерностей, занимает значительные промежутки времени.

Сложность анализа показателей организма

- Измеренные и зарегистрированные параметры и показатели определяют состояние системы существенно неоднозначно.
- Это есть следствие того, что состояние равновесия системы (индивидуальная норма) может обеспечиваться при разных величинах определяющих параметров, которые взаимосвязаны между собой.
- На сегодняшний день не разработаны эффективные математические модели, позволяющие адекватно характеризовать состояние организма по значениям отдельных физических параметров.
- Интерпретация полученных результатов затруднена в связи с тем, что патологические явления, возникающие или проявляющиеся в тех или иных подсистемах, могут влиять через высшие уровни управления на всю систему, изменяя характер процессов в ней.

Сложность моделирования управляющих воздействий

- Из-за отсутствия количественных характеристик состояния и функций биологической системы, затруднительно предсказать результаты внешних воздействий, которые для организма являются факторами, возмущающими его гомеостаз. Это относится и к тем случаям, когда воздействия претендуют на роль управляющих и должны вызвать определенную реакцию организма.
- Неоднозначность реакции на один и тот же набор физических воздействий, а также воздействий, осуществляемых на разные уровни иерархии, указывает на то, что биосистемы по своей сущности нестационарны.
- Из-за нестационарности системы и наличия множества подсистем управления, взаимосвязанных между собой, для получения достоверной информации требуется значительное время наблюдения (время эксперимента).

Рекомендации по измерению показателей организма

- Исследования состояния биологических систем целесообразно проводить в условиях их реального существования.
- Для установления влияния отдельных факторов на жизнедеятельность организма, исследования иногда выполняются в условиях, существенно отличающихся от встречающихся в обычной жизни (в условиях невесомости, ограниченности подвижности, наличия повышенной или пониженной температуры окружающей среды, влажности, ионизирующих или электромагнитных излучений, освещенности и т.д.).
- Для получения информации о многообразных процессах в организме приходится проводить комплексные исследования. При формировании программ их проведения используются разнообразные по длительности и природе процедуры, применяются разнородные по принципу действия измерительные преобразователи, разнообразные методы тестовых воздействий на организм и выявления реакций на них биологических организмов.

Взаимодействие организма и измерительной аппаратуры

- Как правило, при инвазивных и неинвазивных методах не удается полностью избежать взаимодействия биологического организма и измерительного преобразователя.
- В ответ на "подключение" измерительного преобразователя в организме возникают ответные реакции, которые "изменяют" его состояние.
- Поэтому все измеряемые параметры характеризуют не только состояние организма, но и его реакцию на внешнее возмущение, созданное измерительным преобразователем. Взаимодействие присутствует всегда, и степень его влияния для разных преобразователей различается только уровнями вносимых внешних возмущений.
- При любых измерительных операциях невозможно определить те параметры и показатели, которые характерны в данный момент времени для биологического организма. Все получаемые результаты зависят от состояния организма и его взаимодействия с измерительными преобразователями, с помощью которых получают измерительную информацию.

Рекомендации разработчикам измерительной аппаратуры

- Из этого следует важный для разработчиков медицинской аппаратуры вывод: если при выполнении операций получения информации о свойствах биологического объекта невозможно избежать взаимодействия между биообъектом и измерительным преобразователем, то для обеспечения однозначности и воспроизводимости получаемых результатов, а также для установления "видовой нормы" на измеряемый параметр, аппаратуру необходимо выполнять так, чтобы уровень вносимого внешнего возмущения не зависел бы от индивидуальных свойств конкретного организма.
- Только при неизменном значении возмущающего воздействия, вносимого измерительным преобразователем, можно надеяться на воспроизводимость получаемых результатов. Поэтому данные о количественных значениях тех или иных параметров, без сведений о том, с помощью какой аппаратуры они получены, не являются достаточно информативными и не подтверждаются при измерениях с помощью другой аппаратуры.

Классификация измерительных технических средств

- Технические средства, используемые в медицине, несколько условно и грубо можно разбить на три группы:
 1. технические средства для проведения функциональной диагностики при использовании которых оцениваются статические и динамические показатели и их изменения при воздействии дозированными пробами определенного вида;
 2. технические средства для анализа выделений организма и его субстанций, полученных в результате проведения, в том числе и травматических операций. Как правило, они используются для выявления наличия патологии и установления факта и характера заболевания;
 3. технические средства для анализа изменений свойств или показателей, возникающих вследствие медленно идущих процессов нарушения гомеостаза.
- Из-за многообразия показателей, параметров и характеристик у живого организма, наличия взаимного влияния между ними и неясностей относительно их значений и "коридоров" их возможных отклонений мнения относительно их важности расходятся. Поэтому оценки, сделанные по результатам исследований одного и того же органа или функциональной системы, проведенных разными методами, не всегда коррелированы между собой.

Методы функциональной диагностики

- При диагностических исследованиях биологического организма с помощью технических средств наибольшее значение отводится методам функциональной диагностики.
- Функциональными методами исследования называется группа специальных методов, используемых для характеристики функций организма человека.
- Основным приемом, характерным для них, является сопоставление состояния функции в условиях минимума предъявляемых к ней требований с состоянием в условиях предъявления к ней определенных повышенных требований или нагрузки.

Определение состояния функции организма

- Определение состояния функции заключается в оценке ее полноценности.
- Это есть следствие того, что затруднительно количественно охарактеризовать качество функционирования объекта с помощью конкретного значения параметра или "коридора" его возможных значений.
- Под *недостаточностью функции* понимается такое ее нарушение, в результате которого функция системы может осуществляться за счет компенсации или возмещения этого нарушения со стороны сохранившихся элементов осуществляющей ее системы или со стороны других систем.
- Если система обнаруживает неспособность отвечать на предъявляемые требования должной реакцией, ее функции признаются недостаточными.

Формы физиологического покоя

- Различают две формы физиологического покоя:
 - покой, как минимум физиологической функции (достичь на практике достаточно сложно);
 - оперативный покой, то состояние, которое имеется при отсутствии ощутимых внешних воздействий.
- На практике обычно оцениваются изменения функции от уровня оперативного покоя.
- При функционально диагностических исследованиях с помощью технических средств результаты, полученные в лабораторных исследованиях, не вполне совпадают с результатами наблюдения той же системы в привычных производственных или домашних условиях.

Шумы при измерении

- При проведении измерительных операций на получаемый информационный сигнал всегда накладываются сигналы наводок (помех) и шумов.
- Шумы характерны как для измерительной аппаратуры, так и для объекта измерений.
- Под шумами будем понимать те сигналы, которые появляются на выходе вследствие особенностей функционирования и параметров измерительной аппаратуры, а также вследствие работы других подсистем и наличия процессов в организме, в результате которых возникают сигналы, не имеющих прямого отношения к определяемым показателям или характеристикам.
- В медицине шумы организма, вызванные процессами, не имеющими прямого отношения к определяемым параметрам или характеристикам, называют влиянием артефактов.
- Очень часто трудно различить между собой шумы объекта и сигналы, появившиеся вследствие взаимодействия с ним чувствительного элемента измерительного преобразователя. Вследствие этого, даже располагая аппаратурой с гарантированными метрологическими характеристиками, нельзя с полной уверенностью утверждать, что погрешность результатов измерений не превышает значений, нормированных для технического измерительного средства.

Особенности использования различной аппаратуры

- Для того чтобы можно было сравнивать между собой результаты, полученные с помощью технических средств, выпускаемых отдельными фирмами, необходимо провести унификацию параметров чувствительных элементов.
- Под этим понимается одинаковый характер их взаимодействия с объектом измерения и идентичность внешних возмущений, вносимых в объект при выполнении измерительных операций. Так как это пока не сделано, то исследователи, применяющие разную аппаратуру одинакового назначения, получают у одного и того же объекта, находящегося в одинаковом состоянии, существенно различные результаты.
- При этом оказывается совершенно недостаточной гарантия на значения метрологических характеристик измерительной аппаратуры. Из-за разного взаимодействия чувствительных элементов с объектом, полученные при измерениях результаты могут существенно различаться.
- Для ряда измерительных средств пока не созданы качественные эталоны или образцовые меры, по которым можно было бы вести поверку и калибровку средств измерений. Поэтому достоверность многих биофизических измерений не достаточно высокая и их результаты используются врачом как дополнительные, при диагностической оценке состояния пациента.

Измерение проб

- Кроме функциональной диагностики, технические средства широко используются при анализе выделений из биологического организма и проб, взятых из него. К числу выделений можно отнести мочу, выдыхаемый воздух, кал и пот, т.е. те субстанции, которые могут быть получены без травматических воздействий на биологический организм.
- Получение проб, подвергаемых исследованиям, связано с проведением травматических операций, например, забор крови, взятие проб мозга, в результате проведения пункции, соскобы ткани кожи, эпителия и пр.
- Анализ продуктов выделений организма и проб чаще всего проводится химическими методами, которые в настоящее время дополняются техническими средствами, позволяющими автоматизировать процессы получения требуемой информации.

Измерение квазипостоянных показателей

- Ряд технических средств позволяет проводить непосредственную оценку тех показателей организма, которые остаются квазипостоянными в течение значительных промежутков времени.
- При этих исследованиях оценивается не функциональное состояние систем организма, а выявляются результаты процессов, которые идут достаточно долго.
- Эта группа приборов реализует методы оценки квазистатических показателей и позволяет выявить приборно различимый факт отклонений от нормы функционирования организма, направленного на поддержание его гомеостаза.
- К этой группе технических средств можно отнести рентгеновские приборы, позволяющие установить наличие изменений в органах и тканях по степени пропускания ими рентгеновского излучения; ультразвуковые сканеры, с помощью которых устанавливают наличие неоднородностей, от которых отражаются акустическая ультразвуковая волна, ЯМР (ядерно-магнитный резонанс), томографы и др.