

ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ КОЖИ КАК ИНДИКАТОР ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЧЕЛОВЕКА

Калашников В.Н. к.п.н.

Электрофизиологические методы исследования психики основываются на регистрации биопотенциалов, возникающих в тканях живого организма спонтанно или в ответ на внешнее раздражение. Изменение психофизиологического состояния отражается на электрофизиологических показателях; высокая эмоциональная напряженность – повышение амплитуды волны; неустойчивое внимание – снижение амплитуды волны (так называемая «Волна ожидания»). Давно доказано, что электрокожное сопротивление очень чутко реагирует на физические и психологические изменения в организме человека. Любые локальные изменения и процессы в организме человека оказывают влияние на электрокожное сопротивление. Доказано, что в норме электрокожное сопротивление человека в состоянии релаксации растет, а в состоянии активации уменьшается. То есть сопротивление кожи возрастает, когда человек успокаивается и засыпает, и уменьшается при душевном волнении и мобилизации сил. Соответственно, противоположные показатели являются патологией.

Кожно-гальваническая реакция (КГР) – одна из разновидностей электродермальной активности (электрической активности кожи) и показатель электропроводимости кожи. Этот показатель имеет физическую и тоническую формы. Физическая форма КГР – один из компонентов ориентировочного рефлекса, возникающего в ответ на новый стимул и угасающего с его повторением. Тоническая форма КГР характеризует медленные изменения кожной проводимости, которые развиваются, например, при утомлении. В настоящее время наряду с термином КГР используется и термин ЭАК (электрическая активность кожи). ЭАК связывает психические процессы человека с электрическими явлениями в организме.

КГР широко используется для изучения активности вегетативной нервной системы, определения особенностей психофизиологических реакций и исследования черт личности. КГР широко применяется в психофизиологических, физиологических и клинко-физиологических исследованиях в качестве высокочувствительного, простого и технически легко определяемого показателя уровня активности симпатической нервной системы, а также для оценки нейропсихического напряжения человека. Повышенный интерес к КГР можно объяснить тем, что с помощью этих реакций становится возможным, приоткрыть «окно в бессознательные процессы» и показать «интенсивность осознанных переживаний» и «психологическую значимость» внешнего воздействия.

Известен «феномен Краснова» – эффект изменения разности потенциалов сопротивления кожи в связи с ориентировочной реакцией и эмоциями. Особенно важно, что неосознанный эмоционально значимый стимул может быть не способен вызвать словесный отчет, но вызывает кожно-гальваническую реакцию, не может вызвать двигательную реакцию, но может косвенно влиять на быстроту реагирования на последующие стимулы.

Каждый человек имеет свой физиологический уровень кожного сопротивления. Диагностика физического, и особенно психологического состояния должна проводиться только в динамике. При этом устанавливается индивидуальный для человека нормальный диапазон уровней сигнала и по отклонению от этого диапазона можно судить о стрессовом воздействии. Таким образом становится возможным выявлять события, которые имели стрессовый или психотравматический характер для данного человека.

История открытия и применения ЭАК в психологии

Первым, кто обратил внимание на электрические потенциалы кожи, был французский физиолог Дюбуа-Реймон. На изолированной коже лягушки он показал, что ее электробиотоки по своей величине превосходят даже нервные и мышечные.

Возникновение электрических потенциалов кожи впервые в мире исследовал русский физиолог, знаток «животного электричества», ученик И.М.Сеченова,

И.Р.Тарханов (Тархнишвили, Тархан-Моурави). В мировой литературе этот метод носит название «феномена Тарханова» и заключается в усилении гальванических явлений в коже человека при раздражении чувств и различных формах психической деятельности. В 1888 году И.Р.Тарханов открывает изменение электрических явлений в коже человека при раздражении органов чувств и различных формах психической деятельности, о чем уже в следующем году он докладывает на заседании Петербургского общества психиатров и невропатологов.

И.Р.Тарханов установил, что любое раздражение, нанесенное человеку, через 1-10 сек. латентного периода вызывает сначала легкое и медленное, а затем все ускоряющееся отклонение зеркала гальванометра, часто выходящее за пределы шкалы. Это отклонение иногда продолжается еще несколько минут по прекращении действия раздражителя. Постепенно зеркало гальванометра возвращается в исходное положение.

И.Р.Тарханов заметил, что электрические явления в коже человека резко усиливаются при мнимом воображении ощущения, при абстрактной умственной деятельности, при возбуждении нервной системы, при утомлении. Он открыл, что сопротивление человека прохождению небольшого электрического тока через руки, держащие электроды, изменяется согласно субъективному эмоциональному состоянию. Простой психогальванометр, который он изобрел, чтобы исследовать это явление, был одним из самых ранних инструментов психологического исследования.

Исследование «животного магнетизма» привело Р.Вигуру к измерению сопротивления кожи при прохождении электрического тока. Этой методикой с успехом воспользовался У.Фере и в 1888 году с ее помощью впервые систематизировал связи между ощущениями и эмоциями, с одной стороны, и колебаниями кожного сопротивления, – с другой. В.Вундт в Лейпцигской лаборатории в конце 90-х годов XIX века также проводил измерения электричества тела, как часть своей линии исследования, известной под названием «психофизика».

Таким образом, существуют два метода регистрации кожно-гальванических реакций: по Тарханову (регистрация электрических потенциалов кожи) и по Фере (регистрация электрического сопротивления кожи). Оба метода, как показатели состояния организма, дают идентичные результаты, только латентный период изменения сопротивления кожи несколько выше, чем при изменении потенциалов кожи.

Методы исследования электрической активности кожи.

Фере	Тарханов
Активный (с внешним источником поля)	Пассивный
Наложение электродов непосредственно на кожу испытуемого (контактные)	
Экзосоматический	Эндосоматический
Измерение сопротивления или электропроводности	Измерение электрических потенциалов кожи

Качественные характеристики методов измерения КГР

Характеристики	Методы измерения КГР	
	Пассивный (Тарханов)	Активный (Фере)
Возмущающее воздействие на объект исследования	Слабое	От слабого до сильного
Помехоустойчивость	Плохая	Хорошая
Информативность	Состояние поверхности кожи, величина электродного потенциала, состояние подкожной	Состояние поверхности кожи, состояние подкожной структуры.

	структуры.	
Техническая реализация	Сложная (фильтрация, обработка и выделение полезного сигнала, масштабирование, преобразование).	Простая (формирование измерительного сигнала масштабирование, преобразование).

Инженер Г.Мюллер в 1904 году, проверяя чувствительность сконструированного им гальванометра, решил вместо омического сопротивления подключить человека. При этом он заметил странное явление: стоило чем-либо воздействовать на человека, как стрелка гальванометра начинала отклоняться, как будто в цепи уменьшалось сопротивление. Г.Мюллер обратился за советом к О.Верагуту, видному физиологу. Вначале О.Верагут думал, что это какая-то ошибка, но, ознакомившись с работами И.Р.Тарханова и У.Фере, понял, что это явление обусловлено воздействием на нервную систему человека и назвал его «психогальваническим рефлексом». По сути, методики Фере и Верагута-Мюллера ничем не отличаются друг от друга и призваны изучать изменения сопротивления кожи.

В.П.Горев отмечает, что, как и многие другие открытия наших отечественных ученых, феномен Тарханова должным образом не был освещен в зарубежной литературе. Наоборот, он был оттеснен появившимся через 20 лет (1909 г.) так называемым «психогальваническим рефлексом» О.Верагута. Метод О.Верагута не отражает биоэлектрических изменений, возникающих в коже, а регистрирует результаты поляризационных процессов при включении в цепь (пропускание через кожу) постоянного тока напряжением в несколько вольт.

Еще в 1884 году американский психолог У.Джеймс, а годом позже датский Г.Ланге, подметили взаимосвязь между эмоциями и физиологическими сдвигами организма. Первое упоминание об использовании гальванометра в психоаналитическом исследовании находится в книге К.Г.Юнга «Изучения и анализ слов» (1906 г.). Здесь швейцарский психолог описывает методику подсоединения человека, держащего в руках электроды, к прибору, измеряющему изменения в сопротивлении кожи, в то время как ему читаются слова из подготовленного заранее списка. Если слово в этом списке было эмоционально заряжено, происходило изменение в сопротивлении тела, вызывая отклонение стрелки гальванометра. Таким образом, К.Г.Юнг работал для локализации (определения) и разгрузки отрицательного неосознанного материала. Этот метод исследования, используемый Юнгом, по крайней мере, с начала 1900-х, снова упоминался в работе М.Коллинз и Дж.Драйвера «Экспериментальная Психология» (1926 г.). К.Г.Юнг ввел сам термин «кожно-гальваническая реакция» (КГР).

Другой физиолог в это время исследовал электрические характеристики эмоции и мысли. Д.Симон в книге «Мнемоника» (1915 г.), определяет «инграмму» как постоянный заряд, вызванный внутри организма неким стимулом, где след от переживания этого стимула «записан» в организме и образует часть его памяти. Когда стимул повторяется, энергия, которую он освобождает, протекает через эту «инграмму», захватывает какую-нибудь линию поведения, и это, следовательно, ведет к более или менее различной форме реакции. Знание этих результатов было широко распространено в 20-х годах: они упоминаются в работе И.Б.Саксби «Психология Мышления».

В нашей стране исследования в области связи электрических процессов тела и процессов психических вел в середине 1920-х годов А.Р.Лурия (соратник Л.С.Выготского и один из зачинателей российской психологии и психофизиологии). Известный психолог и психотерапевт В.Н.Мясищев, тщательно исследовав психологическое значение электрокожной характеристики человека, пришел к выводу, что особое значение эмоций в психогальванической реакции представляется убедительно доказанным. Другой выдающийся теоретик психологии – СЛ.Рубинштейн, – обсуждая психологическое значение КГР, отмечал: несомненно, что КГР является реакцией вегетативной нервной системы человека, и эмоциональные состояния отражаются в ней.

Ранний психогальванометр был сложным в использовании. Из-за отсутствия усилителя он так и остался специализированным лабораторным прибором, до разработки

более сложных усилителей в 30-х годах. Использование такого аппарата в специализированных исследованиях в психиатрических и медицинских лабораториях продолжается и по сей день.

Наиболее ранние исследования явлений сопротивления кожи были выполнены в Германии. В связи со Второй мировой войной дальнейшие разработки в этой области были прекращены во многих странах, кроме некоторых исследований в США. В 30-40-е годы гальванометр активно применялся в составе полиграфов («Многофакторных детекторов лжи»), которые разрабатывали американцы К.Бакстер, В.Мэтисон и ряд других исследователей.

После войны исследования в этом направлении возобновились и в нашей стране. В 1967 году идея прибора под названием «Биометр» была предложена кандидатом физико-математических наук (ныне профессор Критского университета) В.Г.Адаменко и выдающимися русскими исследователями биологических полей живых объектов С.Д.Кирлиан и В.Х.Кирлиан. Биометр представляет собой микроамперметр с электродами в виде металлических трубок (медной и алюминиевой). Он начинает работать с момента замыкания цепи, когда человек, не прилагая ощутимых усилий, охватывает датчики ладонями. При этом между электродами, сделанными из разнородных металлов, возникает контактная разность потенциалов, фиксируемая в микроамперах. Показания биометра дают количественную характеристику уровня активации (состояние нервной системы, характеризующее уровень ее возбуждения и способность к ответной реакции), меняющегося в связи с эмоциональным возбуждением. Обычно чем выше эмоциональное возбуждение, тем больше стрелка микроамперметра отклоняется вправо от нуля. Однако такой прибор недостаточно чувствителен, чтобы регистрировать мгновенные изменения показаний.

Наиболее удачная разработка в этой области – аппарат для регистрации кожно-гальванической реакции, сконструированный В.Мэтисоном в 1952 году и названный электропсихометр. Он позволяет отмечать весьма незначительные по величине и по времени отклонения сопротивления тела испытуемого. С некоторыми модификациями этот аппарат широко применяется до настоящего времени, в том числе вместе с процедурами, в основе которых лежит техника К.Г.Юнга.

Параллельно развивалась электродиагностика функциональных систем организма, основанная на понимании электромагнитной природы процессов человеческого организма. Р.Фолль – немецкий врач, ученый и изобретатель – впервые в Европе доказал существование взаимосвязи биологически активных точек на теле человека с его внутренними органами: разработал и обосновал новый метод электроakupунктурной диагностики и терапии. В 1953 году Р.Фолль совместно с инженером Ф.Вернером разработали новый метод электроakupунктурной диагностики и применили ее в клинической практике. С 1961 года действует Интернациональное общество электроakupунктуры имени Р.Фолля. Выдающиеся заслуги Фолля и его метод были признаны в бывшем СССР только 15 лет спустя. В 1989 году, после проведения многочисленных клинических испытаний, постановлением Совета Министров СССР метод Р.Фолля получил право на повсеместное внедрение в клиническую практику.

Согласно Р.Фоллю тело человека – целостная система, в которой каждому органу присуща только ему свойственная частота колебаний, или вибрация. Искажение естественной частоты колебаний влечет за собой возникновение заболеваний и патологий органов. Доктор Фолль выявил, как можно определить состояние каждого органа и любой системы человеческого организма, воздействуя током особой частоты на биологически активные (akupунктурные) точки тела. Именно поэтому стало возможным за короткое время провести диагностику и получить данные функционального состояния организма. Сопоставляя данные замеров, врач может делать выводы и назначать лечение.

На этой основе родилась целая отрасль электроakupунктурной диагностики по различным методикам (Фолля, Накатани, Нечушкина), которые основаны на измерениях кожной электропроводимости в биологически активных точках (БАТ). В настоящее время наиболее объективным обоснованием строения системы БАТ является концепция

П.П.Гаряева о *межклеточном веществе* как особой сигнальной системе организма человека, в том числе проявляющейся через БАТ. Межклеточное вещество может выступать как своеобразный надмолекулярный аналог нейронных сетей, который обеспечивает направленное введение информации в определенные клеточные и тканевые комплексы, в том числе и в «акупунктурные матрицы».

Таким образом, к настоящему времени существуют различные методы фиксации психофизиологического состояния человека по электромагнитным процессам, проходящим в теле, и прежде всего – в кожном покрове.

Физиология электрической активности кожи человека

Кожа – один из наиболее сложно организованных органов человеческого тела. Она дополняет функции внутренних органов, в частности выводит продукты, которые не выделяются легкими и почками. Из одной потовой железы у человека в норме выделяется 0,002 – 0,003 мг пота в минуту. Кожа – в некоторой степени орган дыхания. Эпидермис кожи является хорошим препятствием для всевозможных вредных веществ, патогенных микробов и пр. Большую роль играет кожа в теплообмене. В коже происходит также интенсивный обмен веществ.

Долгое время считалось, что электрические процессы (в том числе изменение сопротивления) кожи связаны с деятельностью потовых желез. Роли секреции потовых желез в генезе электрической реакции кожи посвящено большое количество работ. Так, еще И.Р.Тарханов считал, что причина колебаний КГР заключается в усилении нервной активности человека, что сопровождается повышением секреции пота и проявляется в возникновении гальванического тока на поверхности кожи. О.Верагут считал, что психогальванический рефлекс является следствием временного усиления потоотделения и связанного с этим повышением электропроводности кожи в результате возбуждения нервно-психической активности человека. Это подтверждают З.Германн и Б.Лухзингер. О степени влажности кожи, то есть потоотделения, можно судить по величине электросопротивления кожи. Чем оно меньше, тем больше влажность кожи.

Д.Лева в исследованиях на человеке установил полный параллелизм между густотой потовых желез и кожно-гальванической реакцией. По его данным, на первом месте стоят ладонная и подошвенная поверхности конечностей. Затем идут подмышечная область, лоб и другие участки поверхности кожи. В опытах на животных он показал, что поперечно-полосатая мускулатура не принимает участия в осуществлении КГР. Изучая влияние атропина на течение и возникновение гальванических явлений в коже человека, Д.Лева установил, что в малых дозах этот яд ослабляет, а в больших – угнетает КГР. В свое время такое же действие атропина отмечал и О.Верагут. Ц.Ларроу подтвердил выводы И.Р.Тарханова о том, что КГР появляется одновременно с выделением пота и изменением температуры кожи.

П.П.Слынько установил, что восходящая часть кривой КГР связана с заполнением выводных протоков потовых желез потом и выбросом части его на поверхность кожи, а нисходящая является результатом всасывания пота из выводных протоков и сплющиванием их вследствие этого и, очевидно, противодействия ткани. Высота подъема кривой КГР непропорциональна количеству пота, выбрасываемого на поверхность кожи. Кожно-гальваническая реакция не регистрируется на участках тела, анатомически не имеющих потовых желез (красная кайма губ и др.).

Кожные потенциалы зависят от неодинаковой поляризации слоев кожи, зарегистрированные реакции кожных потенциалов имеют форму одно- или двухфазных колебаний. Отрицательная фаза связана, как полагают, с выделением адреналина *симпатическими* окончаниями в коже, а положительная – с активностью потовых желез. Оба эти факта определяют величину исходного электрокожного сопротивления и *импеданс* кожи у человека и обезьян. Количество выделенного пота зависит от разных причин: внешней температуры, водно-солевого обмена, от состояния просвета кровеносных сосудов (гиперемия, анемия) и, прежде всего, от функционального состояния центральной нервной системы (ЦНС), которое определяется эмоциональным состоянием человека. Потоотделение связано с возбуждением высших вегетативных центров, которые

подвержены влиянию электромагнитных процессов ЦНС. В происхождении КГР существенное значение имеет также распределение активных точек кожи, образуемых вхождением в кожу нервных волокон.

Однако объяснить электрическую активность кожи только лишь потовыделением невозможно, поскольку время реакции потовых желез значительно больше, чем регистрируемые отклонения кожного сопротивления и других электромагнитных параметров.

Р.Мусин провел в Лаборатории радиоэлектронных методов исследования биологических объектов Института радиотехники и электроники АН СССР фундаментальные исследования электрических свойств кожи. Он и его коллеги разгадали тайну огромного сопротивления рогового слоя эпидермиса (РСЭ) толщиной в два-три десятка микрон. О роли *эпидермиса* (верхнего рогового слоя кожи) в образовании сопротивления кожи свидетельствует и опыты А.Тишкова, который показал, что сопротивление кожи при снятии эпидермиса у трупа падает с 200 кОм до 700 Ом. Сопротивление ткани зависит не только от толщины эпидермиса, но и от сухости – при смачивании кожи сопротивление ее падает на 40 процентов. Измерив электрическое сопротивление рогового слоя эпидермиса, физики получили невероятные на первый взгляд величины – каждый квадратный сантиметр кожи имеет сопротивление от нескольких миллиардов до сотен миллиардов Ом. Значительное – в несколько сот и даже тысяч раз, – изменение электрического сопротивления РСЭ оказалось связано с диффузией воды (*причем непосредственно через кожу, а не через потовые железы*) в процессе регулирования температуры тела. Транспортировка жидкости через кожу, благодаря которой организм может сбросить в окружающее пространство до 15 Вт своей тепловой мощности, определяется тонусом расположенных в коже кровеносных сосудов. Чем сильнее они наполняются кровью, тем интенсивнее испаряется влага чрез РСЭ. Заряд, естественно, станет стекать быстрее, а напряженность электрического поля при этом снизится.

Исходя из данных морфологических, биохимических и биофизических исследований В.Кофоц-Джонсен и Х.Юссинг детально разработали теорию кожных потенциалов, согласно которой на границе эпидермиса и собственно дермы находятся *дипольные клетки*. Эти клетки имеют разную проницаемость в частях, обращенных наружу и внутрь, и могут активно переносить внутрь ионы натрия. Поэтому наряду с простыми физико-химическими факторами в динамике потенциалов ведущую роль играют процессы жизнедеятельности кожи.

По образному сравнению Ю.Г.Мизун и Ю.В.Мизун, кожа человека похожа на печатную плату телевизора или радиоприемника: на ней имеется сложная сеть каналов, хорошо проводящих электрический ток. Известный биолог А.Л.Чижевский вслед за Б.Б.Кажинским защищал идею о наличии в клетках и органах образований, тождественных элементам радиосхемы. А.К.Подшибякин обнаружил, что перед околосемными магнитными бурями потенциал кожи повышается. Очевидно, это является причиной того, что люди предчувствуют электромагнитные вихри за 1-4 суток до их регистрации физическими приборами. Ж.Кальмор, развивая идеи А.Л.Чижевского, показал, что кожа является органом поглощения космического излучения, кванты которого (а квант электрического поля – это электрон), соединяясь с внутренней энергией обмена, определяют всю энергетическую базу организма.

Есть сообщения, что кожа ощущает «радиозвук» (например, в зоне действия высокочастотного передатчика), особенно на частотах 425, 1310 и 2982 МГц. Кожа выполняет детектирование, т.е. выделение низкочастотной составляющей. Приемной антенной при этом служит сам человек. Имеются данные, что кончиками пальцев человек может чувствовать радиоактивность, отличать металлы от неметаллов и идентифицировать их. Возможно, существует даже кожное обоняние: согласно некоторым наблюдениям, люди способны чувствовать запах серы задолго до падения метеоритов. Вероятно, в этом случае объяснение нужно искать в гипотезе А.Ф.Иоффе о связи между запахом и электромагнитными волнами инфракрасного диапазона.

В ходе многочисленных исследований было выявлено, что стационарная разность потенциалов кожи равна 10-20 мВ на расстоянии 1 см между электродами. При раздражении могут наблюдаться колебания до 100 мВ и более. Сопротивление «плавает» в зависимости от времени суток и от состояния тела человека (истощение, усталость, сытость, стресс).

Установлено, что сопротивление кожи колеблется в пределах от 10 КОм до 2 МОм. Так, по данным Вальтера, СК лица и тыла кисти находится в пределах от 10 до 20 Ком, кожа бедра – 2 МОм, ладони и подошвы – от 200 КОм до 2 МОм. По мнению Е.Н.Брюкина, электрическое сопротивление кожи (ЭСК) в различных местах тела колеблется в пределах 0,08-2,5 МОм. В Институте неврологии АМН СССР в качестве нормы приняты следующие показатели для ЭСК (в килоомах); лоб – 10, шея – 35, ладонь – 20, живот – 525, бедро – 525, колени – 400. Р.И.Утямышев считает, что СК варьирует от 2 до 200 КОм. Сопротивление человеческого тела постоянно и находится в пределах от 5 кОм до 12,5 кОм; редко оно бывает несколько выше или ниже.

Таким образом, электрическая активность кожи находится в прямой зависимости от электромагнитного и других полей, пронизывающих ткани тела человека. Этот факт позволяет рассматривать альтернативную изложенной теории проявления реакций кожного сопротивления, ставящую реакции КГР в зависимость от полевых (по сути – информационных) процессов.

http://www.osoznanie.biz/info/concept_gar.pdf