

УДК 612.821.7

© 1999 г. *ДЕМЕНТИЕНКО В.В., ДОРОХОВ В.Б., КОРЕНЕВА Л.Г.,
МАРКОВ А.Г., ШАХНАРОВИЧ В.М.*

ОСОБЕННОСТИ ЭЛЕКТРОДЕРМАЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ ПРИ ИЗМЕНЕНИЯХ УРОВНЯ БОДРСТВОВАНИЯ ЧЕЛОВЕКА

Переход от бодрствования к дремоте во время выполнения монотонного психомоторного теста исследовали с использованием полиграфической регистрации. Особое внимание уделяли изменениям электродермальной активности. Обнаружено, что при снижении уровня бодрствования электродермальная активность уменьшается, электродермальные реакции сначала становятся реже, затем исчезают на несколько минут и не восстанавливаются без активации; зависимость их параметров от пола и индивидуальных особенностей испытуемого достоверно возрастает. Высказывается предположение, что недостаточный контроль уровня бодрствования испытуемого в течение всего эксперимента может привести к искажению результатов исследования электродермальной активности. Рассмотрены примеры противоречивых данных, полученных ранее при использовании этого метода в психофизиологических исследованиях. Обсуждаются способы улучшения воспроизводимости результатов, в том числе регистрация нескольких переходов от бодрствования к дремоте и улучшение распознавания электродермальных реакций.

Электродермальная активность (ЭДА) – изменение электрических свойств кожи [1, 2, 8, 9] – один из самых известных электрофизиологических параметров, широко используемых до настоящего времени в психофизиологических и психологических исследованиях [5, 14, 23], а также на практике [6, 7, 12, 13, 19]. Это основывается главным образом на наблюдении, что ЭДА характеризует психоэмоциональное состояние человека, в частности уровень бодрствования [11, 15]. Используются тонические изменения ЭДА с постоянными времени несколько минут, электродермальные реакции (ЭДР) с постоянными времени несколько секунд (физические ЭДА), связываемые с ориентировочным рефлексом [4] и возникающие в ответ на стимулы [1, 14], а также ЭДР без зарегистрированных стимулов (неспецифические или спонтанные).

Однако в последнее время применять ЭДА стали реже в связи с возникшими сомнениями в надежности получаемых результатов [3]. В отношении ЭДА в литературе можно найти прямо противоположные данные. Примерами могут служить разногласия по поводу наличия половых различий ЭДА [20, 22], определения электродермальной стабильности и лабильности [16, 17, 21], возможности регистрировать "эмоциональную" ЭДА на разных участках тела человека [1, 8, 9].

Проведенные нами исследования позволяют сделать обоснованное предположение, что подобные противоречия связаны с недостаточным учетом функционального состояния человека. В настоящей работе мы попытаемся показать, что более тщательный контроль уровня бодрствования может позволить существенно повысить надежность получаемых результатов. Необходимо также уделять большее внимание временным характеристикам ЭДР.

В экспериментах участвовали более 100 добровольцев в возрасте от 16 до 69 лет. Испытуемые сидели в удобной для них позе, температура в помещении была 21–24°. В начале экспериментов их глаза были открыты. Почти всегда эксперимент начинали с активации испытуемых с помощью набора неприятных звуков, затем счета в уме или разговора на волнующую тему. Затем проводили эксперименты двух типов. При экспериментах первого типа давали установку на поддержание состояния активности. Испытуемые продолжали сидеть с открытыми глазами в освещенной комнате и могли разговаривать между собой и с экспериментатором, читать книги, играть в компьютерные игры и т.п. В этих экспериментах участвовали 20 мужчин и 23 женщины.

В экспериментах второго типа после предварительной активации с открытыми глазами давали установку на максимальное понижение уровня бодрствования, вплоть до засыпания. Испытуемые, сидя с закрытыми глазами в затемненной комнате, выполняли монотонный психомоторный тест: нажимали на кнопку, считая до десяти, затем считали до пяти без нажатий и т.д. Через 15 мин в комнате включали свет, испытуемые открывали глаза, и экспериментатор активировал их. Затем возобновлялось выполнение теста. В экспериментах этого типа участвовали 29 мужчин и 35 женщин.

Проведено несколько пробных экспериментов без начальной активации: 12 первого типа и 11 второго.

Проводили три независимых измерения сопротивления кожи с внешним источником напряжения 0,9 В с усилителями постоянного тока [10]. В качестве электродов использовали две пары колец на пальцах левой руки и браслет на запястье той же руки. Площадь электродов 1 см². Регистрация отличалась от рекомендованной [10] использованием "сухих" электродов. Контрольные эксперименты показали, что отличия "сухих" электродов от рекомендуемых сказываются лишь в течение примерно 5 мин после их наложения, что в наших экспериментах не играло роли (см. ниже). Кроме того, регистрировали напряжение на пьезодатчике, соединенном с кнопкой, а также следующие электрофизиологические параметры: электроокулограммы (ЭОГ) горизонтальные и вертикальные (стандартные отведения относительно левой мастоидной кости), ЭКГ (нестандартное отведение – запястье левой руки относительно левой мастоидной кости), а также ЭЭГ (стандартное С₂-отведение, для лучшей регистрации – относительно правой мастоидной кости).

Регистрацию проводили на восьмиканальном полиграфе MacLab 8E (Австралия), соединенном с компьютером Macintosh, с дополнительными внешними усилителями. Частота опроса по всем каналам 100 Гц, с 12-битными аналого-цифровыми преобразователями. Полосы пропускания фильтров: для ЭЭГ – 0,7–50 Гц, для ЭОГ, ЭКГ и одного из каналов для ЭДР на пальцах – 0,7–20 Гц. В двух каналах для регистрации ЭДА использовались только высокочастотные фильтры (верхняя граница 20 Гц).

Канал с полосовым фильтром, позволяющий наблюдать ЭДР, искажает их форму, поэтому основным способом регистрации было выделение из данных, полученных без фильтра низкой частоты. Для этого использовали разработанную нами программу, основанную на анализе формы сигналов проводимости и их производной по времени (см. ниже).

Длительность непрерывной регистрации сопротивления кожи – не менее 40 мин. Большинство испытуемых участвовали в нескольких экспериментах. В общей сложности проведено около 400 экспериментов первого типа и около 300 – второго.

Статистическая обработка результатов проведена с помощью пакета STATISTICA-5 на компьютере IBM-Pentium. Число сигналов ЭДР, подвергаемых обработке, всегда превышало 100 и иногда доходило до нескольких тысяч.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Для исследования формы ЭДР использовали реакции, зарегистрированные спустя 1–5 с. после стимулов (задержки дыхания, резкого звука), затем – спонтанные ЭДР при неподвижности рук испытуемых. При анализе формы использовали значения логар-

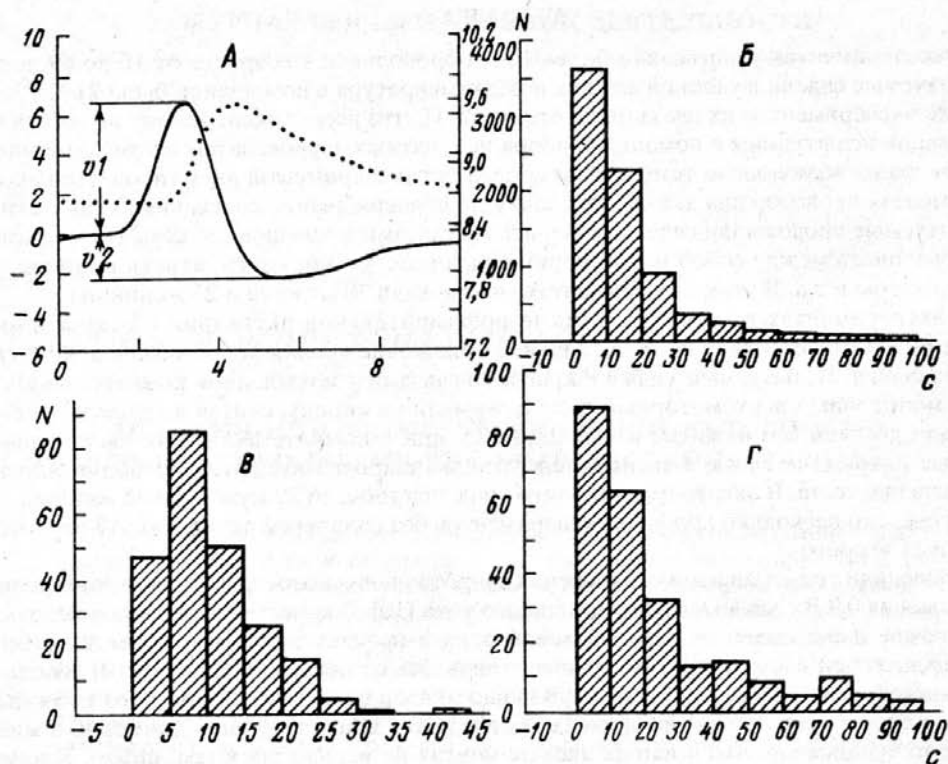


Рис. 1. Форма электродермальной реакции и примеры гистограмм распределения интервалов между сигналами ЭДР в бодрствующем состоянии. А – форма электродермальной реакции. По оси абсцисс – время, с; пунктирная линия – проводимость C , $\mu\text{См}$ (1 Сименс = 1/1 Ом) – правая ось ординат, сплошная линия – производная от логарифма проводимости по времени $d(\ln C)/dt$, %/с – левая ось ординат. v_1 – максимальная скорость роста C (максимум производной), v_2 – максимальная скорость падения C . Параметр асимметрии $A_c = v_1/v_2$. Б–Г – примеры гистограмм распределения интервалов (Инт) между сигналами ЭДР при поддержании испытуемых в состоянии бодрствования (первый тип эксперимента). По оси абсцисс – границы интервалов, с, по оси ординат – число случаев наблюдения указанных интервалов (N). Б – все испытуемые, $N = 8780$; В – 1-я испытуемая с минимальными Инт ($N = 533$, средний $m = 12$ с); Г – 2-я испытуемая с максимальными Инт ($N = 265$, $m = 37$ с). Различия между $m(B)$ и $m(\Gamma)$ статистически достоверны ($p < 0,01$)

рифта проводимости ($\ln C$) и производной от этой величины по времени (рис. 1, А). Главными характеристиками формы, сохраняющимися во всех экспериментах, являются: наличие участка падения проводимости после ее первоначального роста – "обратного хода" (участка с отрицательной производной); асимметрия – отношение максимальной скорости роста проводимости к скорости ее последующего падения (v_1/v_2 , рис. 1, А) больше единицы; временные постоянные существенных изменений – не более 10 с. Все указанные параметры гетерогенны. Например, параметр асимметрии (A_c) может принимать значения от 1,2 до 15, максимальная скорость реакции – от 0,2 до 20% в 1 с. Было показано, что можно подобрать пределы вариации всех параметров таким образом, что будут выделены 90% ЭДР всех испытуемых. Этот набор параметров использовали в дальнейшем для выделения сигналов с помощью разработанной программы.

Из обследованных более 100 добровольцев лишь у одного мужчины ни разу не наблюдались ЭДР на пальцах в ответ на обычные стимулы. Лишь у двух испытуемых при температурах теплового комфорта никогда не наблюдались спонтанные ЭДР на пальцах.

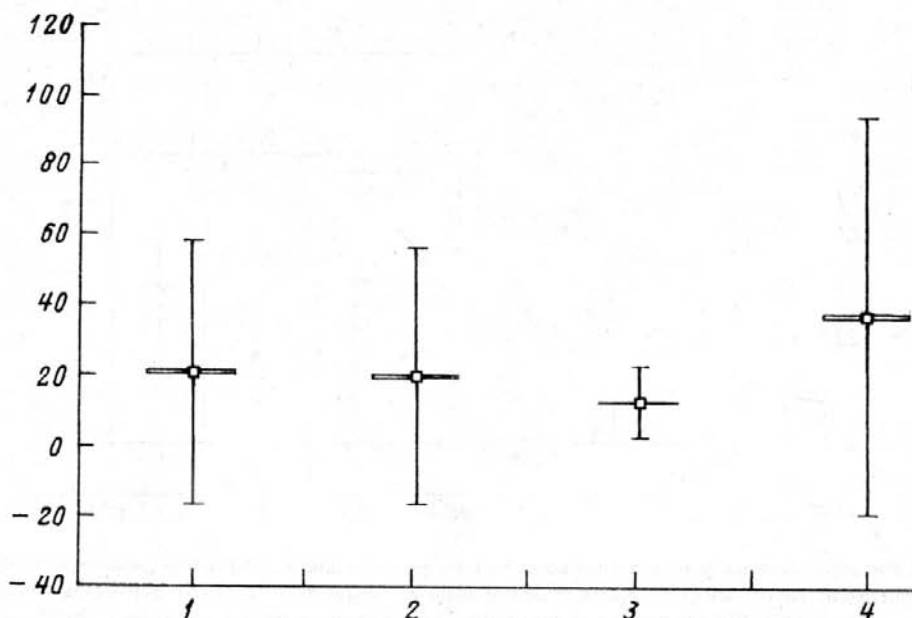


Рис. 2. Средние значения и разброс интервалов между отдельными ЭДР в состоянии бодрствования. По оси ординат – значения интервалов, с. Показаны средние значения интервалов (m – квадраты), стандартные ошибки (прямоугольники) и стандартные отклонения (вертикальные прямые). 1 – мужчины ($N = 3400$; $m = 19,5$ с); 2 – женщины ($N = 5380$; $m = 20,5$ с); 3, 4 – отдельные испытуемые (обозначения как на рис. 1, В, Г). Достоверные различия между 1 и 2 отсутствуют ($p = 0,2$)

У испытуемых в состоянии поддерживаемого бодрствования (эксперименты первого типа) интервалы между ЭДР варьировали в пределах от 3 до 100 с. Средний интервал между ЭДР большинства испытуемых в этих условиях – от 15 до 23 с. Статистически достоверные индивидуальные различия наблюдались лишь для некоторых испытуемых. Например, у двух испытуемых средний интервал составлял 10–12 с. На рис. 1, Б–Г даны примеры гистограмм распределения интервалов между ЭДР в состоянии спокойного бодрствования для всех испытуемых и двух женщин, различия между которыми максимальны ("лабильная" и "стабильная", см. ниже). Распределения асимметричны и далеки от нормальных. На рис. 2 приведены примеры, показывающие средние значения и стандартные отклонения данных. Статистически достоверных различий в частоте ЭДР мужчин и женщин в этих условиях не обнаружено (рис. 2).

Изменение уровня бодрствования в условиях эксперимента второго типа оценивали по эффективности деятельности, ЭЭГ и ЭОГ. При легкой степени дремоты выполнение теста существенно не менялось, при переходе к более глубокой дремоте появлялись ошибки, при засыпании нажатия на кнопку становились случайными или прекращались. При снижении уровня бодрствования сопротивление кожи увеличивалось, а частота ЭДР достоверно понижалась. Пример изменения сопротивления и частоты ЭДР показан на рис. 3. После некоторого периода релаксации спонтанные ЭДР на пальцах часто пропадают. Через 15 мин лишь у 4 человек из 64 в половине экспериментов сохранились спонтанные ЭДР.

На рис. 4 приведены примеры средних значений и стандартных отклонений интервалов между ЭДР в условиях экспериментов второго типа. Асимметрия и разброс данных увеличиваются по сравнению с данными эксперимента первого типа, поэтому построение гистограмм нецелесообразно. Различия между данными для мужчин и женщин достоверны (рис. 4, А, 1, 2).

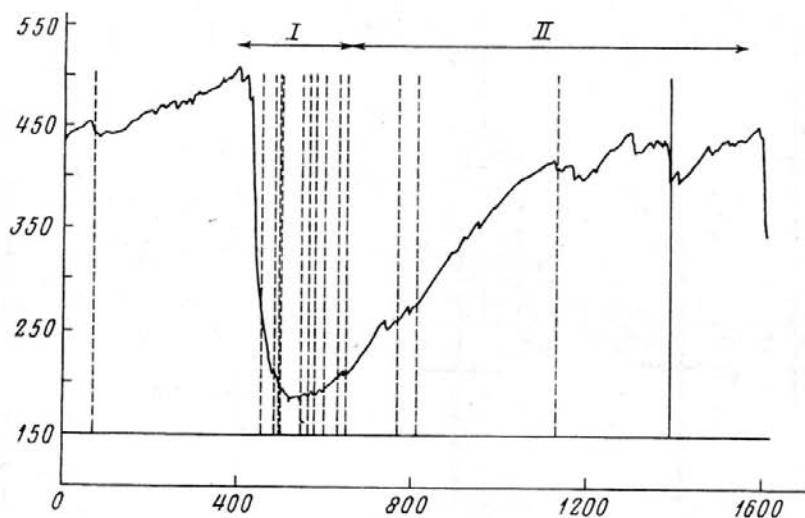


Рис. 3. Пример изменения сопротивления кожи пальцев во время цикла активация – дремота (второй тип экспериментов). По оси абсцисс – время, с; по оси ординат – сопротивление, КОм. Вертикальные линии отмечают положения ЭДР, определенные автоматически. Стрелки вверх: I – активация (от открывания глаз до их закрывания и начала выполнения теста), II – уменьшение степени бодрствования (от начала выполнения теста)

Для 14 испытуемых (7 женщин и 7 мужчин, участвовавших в наибольшем числе экспериментов) было проведено разделение периодов активации и релаксации. Моментом начала активации считали открывание глаз, моментом конца – начало выполнения теста с закрытыми глазами.

На рис. 4, А показаны средние значения интервалов между ЭДР для мужчин и женщин: сначала – без разделения периодов активации и релаксации, потом – в состоянии активации, затем – релаксации. Во всех случаях различия в данных для мужчин и женщин статистически достоверны, однако и величины различий, и их достоверность растет в ряду активация – без разделения – релаксация.

Сходные результаты получены в отношении индивидуальных различий между испытуемыми. В периоды активации достоверных различий между мужчинами не наблюдается; у женщин индивидуальные различия наблюдались только для 20%. Пример показан на рис. 4, Б. Рядом продемонстрировано увеличение различий и их достоверности для тех же женщин при дремоте. Подобные различия при снижении уровня бодрствования возникали и между мужчинами. Достоверные индивидуальные различия между средними значениями интервалов для разных испытуемых наблюдались во всех случаях, когда в периоды дремоты зарегистрировано более 100 сигналов ЭДР.

Рост сопротивления кожи и снижение частоты ЭДР наблюдались у некоторых испытуемых и в условиях эксперимента первого типа, однако за 10–15 мин сигналы исчезали лишь у трех испытуемых (двух женщин и одного мужчины). У остальных максимальные интервалы между ЭДР не превышали 3 мин.

В тех случаях, когда начальная активация не проводилась, ЭДР отсутствовали в 7 из 12 экспериментов первого типа и в 10 из 11 – второго.

В отдельных экспериментах для 6 женщин и 30 мужчин в покое при температурах теплового комфорта одновременно с ЭДР на пальцах наблюдались спонтанные ЭДР на запястье. У 10 из этих мужчин они регистрировались не реже чем в каждом втором эксперименте и имели большую интенсивность, чем на пальцах. У шести испытуемых

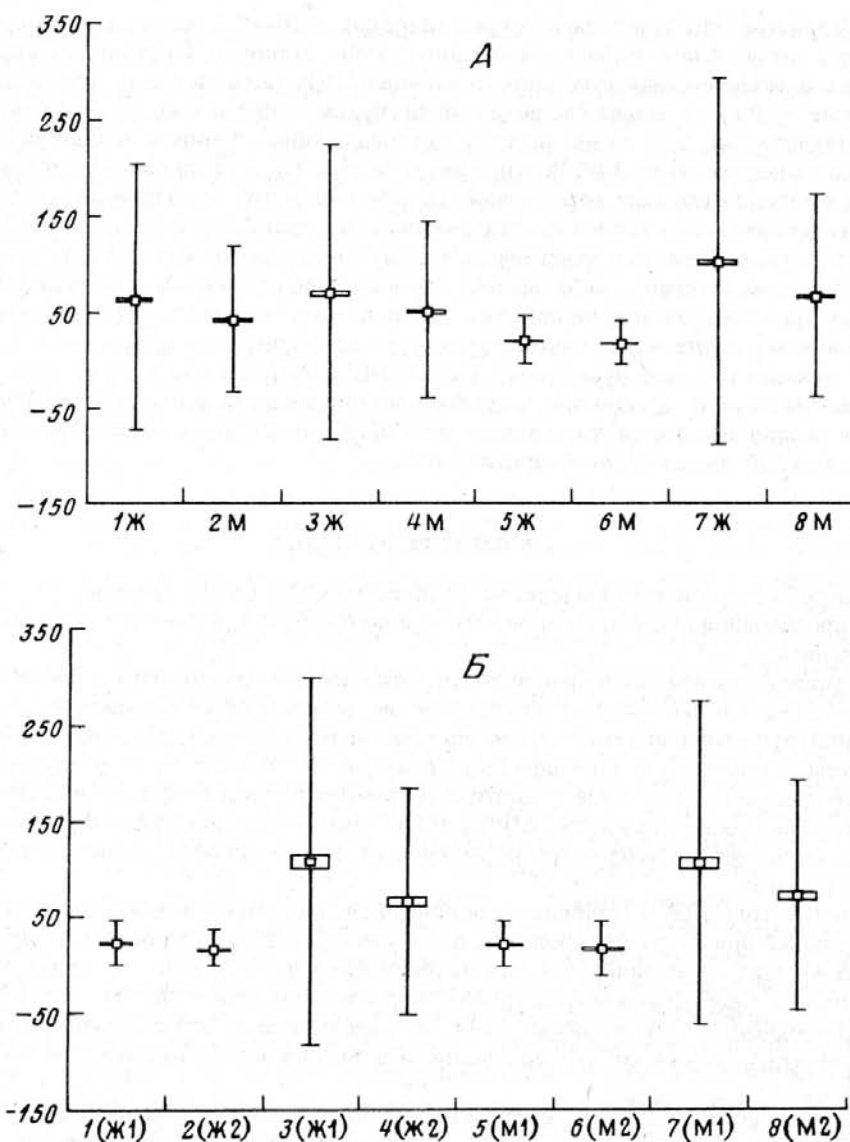


Рис. 4. Средние значения и разброс интервалов в условиях эксперимента второго типа (циклы активация – дремота). Обозначения как на рис. 2. А – различия, связанные с полом. 1,2 – данные для всех 64 испытуемых, периоды активации и дремоты не разделены: 1 – 35 женщин ($N(Ж) = 3430$, $m = 62c$); 2 – 29 мужчин ($N(М) = 6980$, $m = 41c$); 3–8 – данные для 14 испытуемых, для которых проведено разделение периодов активации и дремоты: 3,4 – активация и релаксация вместе, 3 – семь женщин ($N(Ж) = 2010$, $m = 68c$), 4 – семь мужчин ($N(М) = 3350$, $m = 50c$); 5,6 – данные только для состояния активации: 5 – женщины ($N(Ж) = 810$, $m = 20c$), 6 – мужчины ($N(М) = 1080$, $m = 17c$); 7,8 – данные только для состояния релаксации: 7 – женщины ($N(Ж) = 1200$, $m = 100c$), 8 – мужчины ($N(М) = 2270$, $m = 66c$). Все различия между Инт(М) и Инт(Ж) статистически достоверны (1,2 – $p < 0,000001$; 3,4 – $p < 0,000001$; 5,6 – $p = 0,002$; 7,8 – $p < 0,000001$). Б – индивидуальные различия интервалов для двух женщин и двух мужчин. 1,2 – женщины, состояние активации ($N(Ж1) = 209$, $m = 20c$; $N(Ж2) = 173$, $m = 17c$, различия достоверны, $p = 0,003$); 3,4 – те же женщины, релаксация ($N(Ж1) = 160$, $m = 107c$; $N(Ж2) = 480$, $m = 65c$, $p = 0,0009$); 5,6 – мужчины, состояние активации ($N(М1) = 100$, $m = 20c$, $N(М2) = 274$, $m = 18c$, различия недостоверны, $p = 0,14$); 7,8 – те же мужчины, релаксация ($N(М1) = 139$, $m = 105$; $N(М2) = 629$, $m = 71$, различия достоверны, $p = 0,004$)

ЭДР на запястье наблюдались в тех же условиях в 20–40% экспериментов, еще у трех – при возбуждении и повышении температуры. Наконец, у остальных испытуемых даже в условиях максимальной активации ЭДР на запястье не наблюдались. Вызванные ЭДР на запястьях наблюдались для тех же лиц в тех же экспериментах.

Если спонтанные ЭДР на пальцах отсутствовали более 5 мин, обычные стимулы, как правило, не вызывали ЭДР. Реакция могла быть вызвана только после достаточно сильных продолжительных воздействий. Для большинства испытуемых наилучшим воздействием являлся счет в уме или разговор на волнующую тему (в последнем случае испытуемый должен участвовать в разговоре), продолжительность – от 2 до 10 мин. В начале активации наблюдалось относительно медленное (тоническое) падение сопротивления, затем начинали регистрироваться отдельные ЭДР, сначала вызванные, потом – спонтанные. Пример изменения сопротивления при активации испытуемого показан на рис. 3. Как правило, если ЭДР на запястье не наблюдались, их не удавалось вызвать ни обычными стимулами, ни описанными выше воздействиями. В ответ на резкие звуки и вдохи, а также при счете и разговорах может наблюдаться небольшое тоническое падение сопротивления.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

В наших экспериментах выделение фазических ЭДА (ЭДР) основано на анализе формы производной логарифма проводимости по времени. Сделано это по следующим соображениям.

ЭДА может проявляться изменением сопротивления (проводимости) с постоянными времени порядка нескольких минут (тонические изменения). В условиях активации и релаксации эти изменения могут быть значительными и сильно превышать критерии, применяемые обычно для идентификации реакций. Это может привести к неправильным выводам об их амплитуде и частоте. Используя для идентификации ЭДР форму производной, можно выделять ЭДР на фоне тонических дрейфов, что позволяет провести более четкое разграничение тонической и фазической ЭДА, чем в предшествующих работах.

Все параметры ЭДР, выделенных как описано выше, имеют значительный разброс, максимальный при снижении уровня бодрствования и переходе к состоянию дремоты; переход зависит от индивидуальных особенностей испытуемых, а также условий эксперимента. Скорость снижения уровня бодрствования может значительно варьировать и для одного и того же испытуемого в зависимости от его состояния до начала эксперимента, а также от его поведения и действий экспериментатора во время эксперимента.

В условиях, когда поддерживается состояние бодрствования (эксперименты первого типа), периоды длительного повышения сопротивления кожи, когда интервалы между ЭДР превышают 2 мин, по-видимому, соответствуют релаксации. Эти периоды обуславливают значительную долю разброса данных: если их исключить из рассмотрения, разброс данных заметно уменьшается, а сами данные еще более приближаются к показателям, характерным для состояния активации. В указанных выше условиях их влияние на суммарные данные, по-видимому, невелико.

Наоборот, в условиях экспериментов второго типа периоды понижения уровня бодрствования, по-видимому, играют решающую роль при определении средних величин ЭДА во время всего эксперимента. Как показано выше, во время дремоты средние интервалы, разброс данных и индивидуальные различия заметно превышают те же показатели для периодов активации. Разделение на указанные периоды в значительной степени условно. Однако для данных, полученных в условиях экспериментов второго типа без разделения указанных периодов, характерны те же различия, что для периодов дремоты. В частности, наблюдается зависимость ЭДА от пола испытуемых, отсутствующая в условиях поддержания бодрствования.

Таким образом, для улучшения воспроизводимости данных по ЭДА необходимо в

первую очередь контролировать уровень бодрствования испытуемых в течение всего эксперимента.

Приведем несколько примеров, когда контроль состояния испытуемых может позволить устранить кажущиеся противоречия данных литературы.

1. Согласно [1, 8, 9, 15] неспецифические ЭДР отсутствуют у 10% лиц. Нами полное отсутствие ЭДР замечено лишь для трех испытуемых из более чем 110. Указанная в литературе частота встречаемости лиц без ЭДР скорее относится к частоте лиц, у которых ЭДР быстро пропадают при понижении уровня бодрствования, т.е., возможно, успевают исчезнуть до начала измерений, если активация не проводилась.

2. В литературе можно найти как сообщения, что половых различий потоотделения не наблюдается [20], так и о том, что у женщин ЭДА меньше, чем у мужчин [22]. Согласно полученным нами данным в условиях, когда бодрствование поддерживается, средняя частота ЭДР мужчин и женщин не имеет статистически достоверных различий. Наоборот, в условиях, способствующих понижению уровня бодрствования, частота ЭДР у женщин достоверно меньше, чем у мужчин. Для существенного влияния этого факта на результаты эксперимента достаточно, чтобы не принимались специальные меры по поддержанию состояния активности и регистрация началась спустя 10–15 мин после того, как испытуемые примут удобное положение.

3. В литературе широко обсуждается деление лиц на "электродермально лабильных" и "стабильных" [16, 17, 21]. "Лабильными" считаются лица, у которых частота ЭДР больше, чем во всей выборке, "стабильными" – у которых меньше. Признаком "лабильности" особенно широко пользуются для психофизиологического эксперимента и диагностики. Отметим, что при проведении двух экспериментов [21] около половины испытуемых оказались смешанными – "стабильными" в одном эксперименте и "лабильными" в другом.

Если применять те же критерии стабильности–лабильности, то в наших экспериментах лишь две женщины были "всегда стабильны" и один мужчина и одна женщина – "всегда лабильны". Все остальные "лабильны" в одних экспериментах и "стабильны" – в других. По-видимому, "стабильность" будет зарегистрирована, если испытуемый во время эксперимента значительный процент времени находится в состоянии пониженной активности, "лабильность" – в противном случае.

Согласно нашим данным в конкретных условиях эксперимента одни испытуемые чаще "стабильны", чем другие. Поэтому разделение на "стабильных" и "лабильных" возможно, однако деление скорее количественное, чем качественное. Для использования этого признака необходимо не менее трех экспериментов с одними и теми же испытуемыми и четкое определение условий эксперимента и исходного состояния испытуемого. Наилучшим способом выявления стабильности или лабильности является регистрация активации испытуемого и последующего снижения уровня бодрствования.

4. Согласно наиболее распространенному мнению [8, 9, 15] ЭДР в ответ на стимулы наблюдаются почти исключительно на кистях рук, стопах ног и в подмышечных впадинах, а на остальных частях тела – в основном терморегуляционные реакции. Есть, однако, и точка зрения, согласно которой оба типа активности наблюдаются по всему телу, а их относительная эффективность определяется "стадией ЭДА" [1]. Наши эксперименты показывают, что соотношение и пространственное распределение реакций различны для разных испытуемых. Однако утверждение, что вызванные ЭДР на запястье при температуре 20–25° обычно не наблюдаются, по-видимому, трудно объяснить выбором испытуемых. Как упоминалось выше, они наблюдаются в условиях спокойного бодрствования не менее чем в 25% всех экспериментов (для женщин частота значительно ниже). Трудно объяснить выбором испытуемых и утверждение, что "эмоциональные" ЭДР всегда наблюдаются на запястье при достаточной активации. Как упомянуто выше, примерно у 50% испытуемых в ответ на стимулы наблюдаются лишь физические изменения ЭДА. Возможно, результаты, упомянутые в работах [1, 8, 18], объясняются способом определения вызванной реакции (см. выше).

ВЫВОДЫ

1. Все параметры электродермальной активности гетерогенны и зависят от индивидуальных особенностей испытуемых и деталей эксперимента.

2. При снижении уровня бодрствования частота электродермальных реакций уменьшается, и при достижении дремотного состояния они обычно исчезают на несколько минут и не восстанавливаются без активации. При этом зависимость параметров электродермальной активности от пола и индивидуальных особенностей испытуемых заметно возрастает.

3. Показано отсутствие достоверных различий параметров электродермальных реакций у мужчин и женщин в экспериментах при поддержании высокого уровня бодрствования. В экспериментах с последовательным снижением уровня бодрствования частота электродермальных реакций у мужчин была достоверно выше, чем у женщин. Различия в частоте электродермальных реакций между мужчинами и женщинами усиливались при снижении уровня бодрствования.

4. Для повышения воспроизводимости результатов, полученных при исследовании электродермальной активности, необходимо в начале экспериментов проводить активацию испытуемых. Еще лучше регистрировать циклы релаксации-активации. Необходим также учет формы электродермальных реакций для их выделения на фоне тонических дрейфов проводимости.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Алдерсон А.А.* Механизмы электродермальных реакций. Рига: Зинатне, 1985. 129 с.
2. *Хассет Дж.* Введение в психофизиологию. М.: Мир, 1981. 265 с.
3. *Arunodaya G.R., Taly A.B.* Sympathetic skin response: a decade later // *J. Neurol. Sci.* 1995. V. 129. № 2. P. 81.
4. *Barcelo F., Hall M., Gale A.* A psychophysiological inquiry into the nature of the Sokolovian orienting response: skin conductance and EEG data // *Biol. Psychol.* 1995. V. 41. № 2. P. 47.
5. *Bradley M.T., Janisse M.P.* Accuracy demonstrations, threat and the detection of deception: Cardiovascular, electrodermal and pupillary measurements // *Psychophysiology.* 1981. V. 18. № 3. P. 307.
6. *Campbell S.S., Dijk D.J., Boulos Z. et al:* Light treatment for sleep disorders: consensus report. III. Alerting and activating effects // *J. Biol. Rhythms.* 1995. V. 10. № 2. P. 129–132.
7. *Collet C., Roure R., Rada H. et al.* Relationships between performance and skin resistance evolution involving various motor skills // *Physiol. and Behav.* 1996. V. 59. № 4–5. P. 953–963.
8. *Dawson M.E., Shell A.M., Filion D.N.* The electrodermal system // *Principles of Psychophysiology / Ed. J.T. Cacioppo.* Cambridge: Cambridge Univ. Press, 1990. P. 295–324.
9. *Edelberg R.* Electrical properties of the skin // *Biophysical Properties of the Skin / Ed. H.R. Elden.* N.Y., 1971. P. 3–45.
10. *Fowles D.C., Chritie M.J., Edelberg R. et al.* Publication recommendations for electrodermal measurements // *Psychophysiology.* 1981. V. 18. № 2. P. 232.
11. *Jacobs S.C., Friedman R., Parker J.D. et al.* Use of skin conductance changes during mental stress testing as an index of autonomic arousal in cardiovascular research // *Amer. Heart. J.* 1994. V. 128. № 6. Pt 1. P. 1170.
12. *Jensen H., Hasle N., Birket-Smith M.* Electrodermal lability in anxiety disorders // *Scand. J. Psychol.* 1996. V. 37. № 1. P. 103.
13. *Kohlisch O., Schaefer F.* Physiological changes during computer tasks: responses to mental load or to motor demands? // *Ergonomics.* 1996. V. 39. № 2. P. 213.
14. *Lovibond P.F.* Tonic and phasic electrodermal measurements of human aversive conditioning with long duration stimuli // *Psychophysiology.* 1992. V. 29. № 6. P. 621.
15. *Prokasy W.F.* Electrodermal activity in psychological research. N.Y.: Acad. Press, 1973. 345 p.
16. *Rain A., Venables P.* Electrodermal non-responding, antisocial behavior and shizoid tendencies // *Psychophysiology.* 1984. V. 21. № 4. P. 424.

17. Sakai L.M., Baker L.A., Dawson M.E. Electrodermal lability. Individual differences affecting perceptual speed // *Psychophysiology*. 1992. V. 29. № 2. P. 207.
18. Shields S.A., MacDowell K.A., Fairchild S., Campbell M.L. Is mediation of sweating cholinergic, adrenergic or both? // *Psychophysiology*. 1987. V. 24. № 3. P. 312.
19. Siddle D.A., Lipp O.V., Dall P.J. The effects of task type and task requirements on the dissociation of skin conductance responses and secondary task probe reaction time // *Psychophysiology*, 1996. V. 33. № 1. P. 73-83.
20. Silver A., Montana W., Karakan I. Age and sex differences in spontaneous, adrenergic and holinergic human sweating // *J. Invest. Dermatol.* 1964. V. 43. № 4. P. 255.
21. Simons R.F., Losito B., Rose S.C., Macmillan F.W. Electrodermal nonresponding among college undergraduates. Temporal stability, situational specificity, and relationship to heart rate change // *Psychophysiology*. 1983. V. 20. № 5. P. 498.
22. Venables P.H., Mitchell D.A. The effects of age, sex and time of testing on skin conductance activity // *Biol. Psychol.* 1996. V. 43. № 2. P. 87.
23. Witvliet C.V., Vrana S.R. Psychophysiological responses as indices of affective dimensions // *Psychophysiology*, 1995. V. 32. № 5. P. 436.

ЗАО "Нейроком",
 Институт высшей нервной деятельности
 и нейрофизиологии РАН, Москва

Поступила в редакцию
 14.1.1998
 Принята в печать
 3.XII.1998

ELECTRODERMAL REACTIONS ACCOMPANYING CHANGES IN ALERTNESS IN HUMANS

DEMENTIENKO V.V., DOROKHOV V.B., KORENEVA L.G.,
 MARKOV A.G., SHAKHNAROVICH V.M.

*"Neirokom" joint-stock company:
 Institute of Higher Nervous Activity and Neurophysiology,
 Russian Academy of Sciences, Moscow*

The wake-drowsiness transition during the performance of a monotonous psychomotor test was studied using polygraphic recording, with particular emphasis on changes in the electrodermal activity (EDA) and occurrence of electrodermal reactions (EDR). It was found that decrease in wakefulness was accompanied by a drop of the EDA. The EDR gradually disappeared for several minutes and did not reappear without activation; their dependence on sex and individual features of a subject significantly increased. It is suggested that discrepancies in the experimental results of psychophysiological studies with EDA may be explained by an insufficient control of the subject's alertness throughout the experiment. Examples of such discrepancies are given: disagreement of sex differences in the EDA, differentiation between EDA-labile and EDA-stable persons, on a possibility of recording the "emotional" EDA from different parts of human body etc. The ways of reproducibility of the results are discussed including the recording of several wake-drowsiness transitions and better recognition of the EDR.