

© 1998 г. Г.Г. Аракелов, Е.К. Шотт

## КГР КАК ПРОЯВЛЕНИЕ ЭМОЦИОНАЛЬНЫХ, ОРИЕНТИРОВОЧНЫХ И ДВИГАТЕЛЬНЫХ СОСТАВЛЯЮЩИХ СТРЕССА\*

Анализировали спонтанные и вызванные фазические колебания КГР при эмоциональных, ориентировочных реакциях, при их имитации и движениях, вызывающих стрессовую реакцию. Показано, что фазические колебания КГР максимальной амплитуды регистрируется с ладонной поверхности пальцев руки. Это объясняется наибольшей концентрацией потовых желез мерокринового типа на этих участках кожи. На основании экспериментальных данных обосновывается утверждение, что фазические колебания КГР не являются специфическими индикаторами базовых эмоциональных и ориентировочных реакций и не обладают качественной различительной значимостью для этих реакций. КГР отражает только процессы терморегуляции в ходе мышечной активности, а через них – силу и продолжительность стрессовых реакций, вызвавших изменения гомеостаза. Можно предположить, что термин "стрессовое состояние" входит в группу понятий, связанных с концепцией "уровень бодрствования"; физиологический термин "активация" также входит в эту группу, что обуславливает сходство значений данных терминов.

*Ключевые слова:* стресс, КГР, стрессовое состояние, эмоции.

В наших предыдущих работах [1, 2] был предложен психофизиологический метод объективной оценки уровня тревожности как показателя начальной стадии развития стрессовой реакции – по амплитуде и числу спонтанных фазических колебаний кожногальванической реакции (КГР) в единицу времени. Эти показатели хорошо коррелировали с субъективными оценками силы стрессовой реакции.

В то же время многие исследователи пользуются этим показателем как коррелятом эмоционального состояния или ориентировочной реакции [6, 8, 9]. Делаются попытки экспериментально установить взаимосвязь между определенными эмоциями или их классами с их возможными периферийно-физиологическими индикаторами, дифференцировать по показателям КГР знак эмоции и произвести качественное разграничение различных эмоций.

В психологической и психофизиологической литературе эмоции не имеют достаточно однозначного определения [8, 11, 12]. Можно выделить как минимум три аспекта описания эмоциональных реакций [10]. В данной работе мы рассмотрим лишь один из этих аспектов – внешнее выражение эмоций.

По мнению многих исследователей, для выражения эмоций существуют специальные двигательные реакции (см., например, [2]). В этих работах без достаточных, по нашему мнению, оснований утверждается, что определенным эмоциям соответствуют специфические изменения КГР как коррелята внутреннего переживания [4]. В нашей работе мы обратили внимание на соответствие субъективных оценок внутреннего состояния и специфических изменений КГР при изменении этих состояний.

\* Работа поддержана РГНФ, код проекта № 96-03-04070.

Целью настоящего исследования является проверка гипотезы о том, что КГР служит показателем стрессовой реакции и не является прямым коррелятом базовых эмоциональных или ориентировочных реакций.

Суть гипотезы состоит в том, что фазические колебания КГР отражают стрессорные энергетические затраты через регуляцию механизмов потоотделения, изменение гомеостаза на предъявленные требования организму осуществить те или иные поведенческие акты. Ни эмоции, ни ориентировочные реакции к появлению фазических КГР отношения не имеют, хотя и могут протекать почти параллельно им, создавая видимость причинно-следственной связи этих показателей.

## МЕТОДИКА

В экспериментах участвовало 25 студенток и 5 студентов. Кожногальваническую реакцию (КГР) регистрировали со второй фаланги указательного и безымянного пальцев; плетизмограмму (ПГ) отводили с безымянного пальца той же руки. В некоторых случаях КГР снимали с пальцев правой и левой ноги, со лба, с предплечья, кожи голени. Регистрация проводилась с помощью полиграфа фирмы "Индекс полиграф" (Россия) с полосой пропускания 0,3–30 Гц. Испытуемые в течение получаса адаптировались к экспериментальной обстановке, получали ответы на все интересующие их вопросы, знакомились с процедурой эксперимента и условиями проведения тестов, кроме того, они предварительно обучались имитации мимических движений, возникающих при естественных эмоциональных и ориентировочных реакциях.

Эксперимент начинался с наложения электродов, адаптации к ним, регистрации КГР с различных участков тела в покое и при выполнении стандартных произвольных движений с нагрузкой и без нее, выполнении произвольных реакций смеха, улыбки, вызова болевых и ориентировочных реакций. Затем в том же порядке произвольно (без инструкции) производились имитационные движения, соответствующие вышеназванным реакциям. При обработке результатов кривые этих двух типов совмещались для выявления сходства или различия по амплитудам и площадям.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

*Особенности КГР при различных отведениях.* При традиционном наложении электродов на ладонную поверхность второй фаланги указательного и безымянного пальцев левой руки тестовая реакция, необходимая для калибровки усилителя, – вздох, была максимальна по амплитуде и площади и равнялась в среднем 160 у.е. Латентный период от подачи речевой команды варьировал от 3 до 7 с. Движения пальцев правой руки, движения ногами, головой, туловищем, имитация зевания вызывали появление фазических колебаний КГР (рис. 1). В этой же области у некоторых испытуемых с высокими показателями тревожности отмечались спонтанные, разноамплитудные колебания КГР с частотой от 1 до 7 колебаний в минуту. Для дальнейшего проведения эксперимента нами специально отбирались испытуемые, у которых спонтанные колебания КГР угасали по мере адаптации к экспериментальной обстановке, чтобы их случайное появление не интерферировало с интересующими нас явлениями.

Сходные результаты были получены и при отведении от пальцев ног. Однако в этих условиях реакции на движения пальцев рук не были отмечены, также как и отсутствовали спонтанные колебания КГР. Но реакции на движения голени и бедра противоположной ноги были значительно больше по площади колебания, чем при аналогичных движениях при отведении с пальцев руки (рис. 1Б).

При отведении КГР от кожи лба для получения видимых колебаний на вздох необходимо было значительное усиление (более, чем в два раза) сигнала. Но даже при высоком усилении сигнала реакций на движение пальцев зарегистрировать не



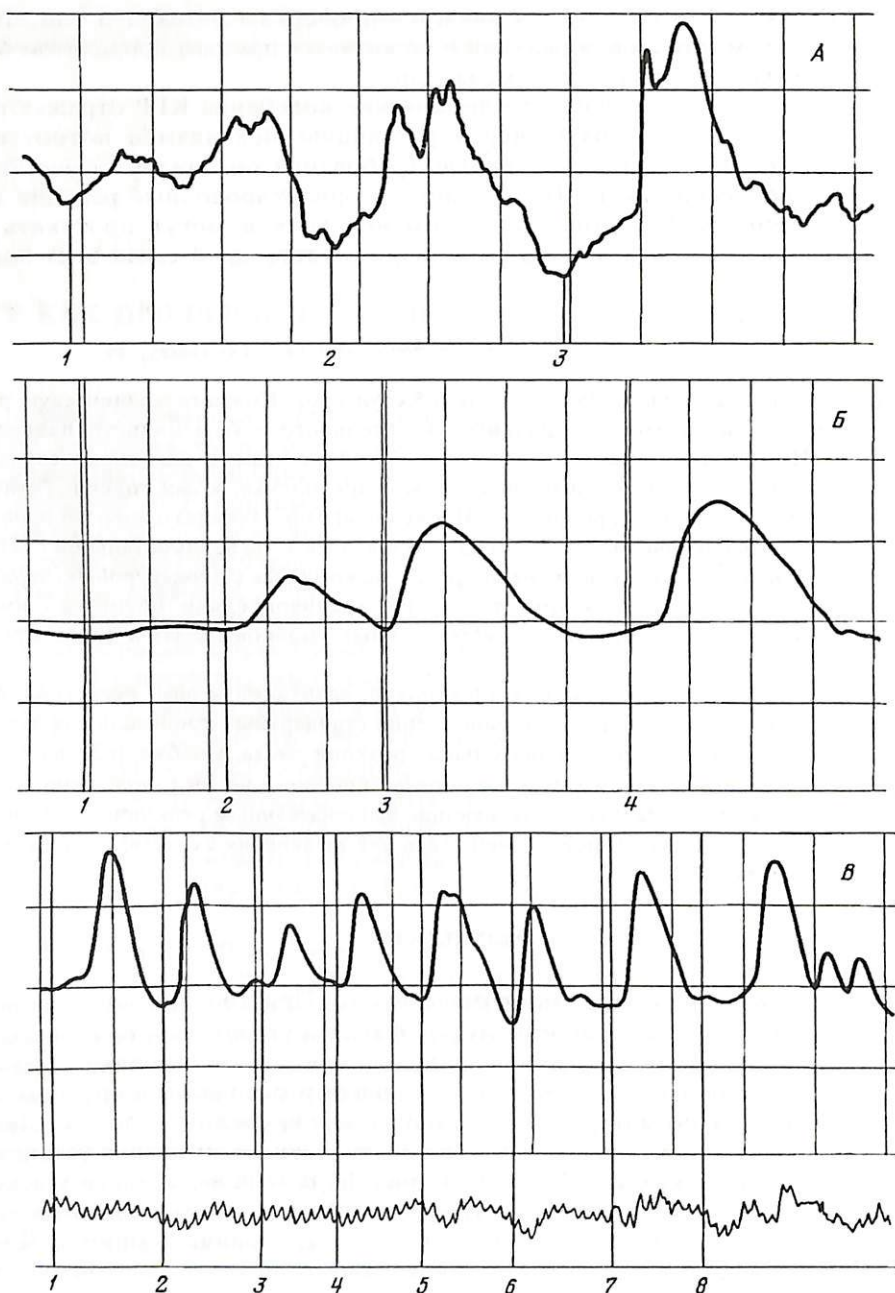


Рис. 1. Кожно-гальваническая реакция (КГР) при мышечном напряжении. Отведения: А – кожа лба, Б – палец ноги, В – палец руки. По вертикали – амплитуда КГР в условных единицах. По оси абсцисс – время (1 деление – 5 с). Внизу – плетизмограмма. А: 1 – движение мимических мышц, 2 – подъем руки в плече, 3 – подъем стопы. Б: 1 – подъем большого пальца ноги, 2 – подъем всех пальцев, 3 – подъем ноги в стопе, 4 – подъем ноги в колене. В: 1 – подъем большого пальца руки, 2 – подъем указательного, 3 – среднего, 4 – безымянного и мизинца, 5 – сжатие кисти в кулак, 6 – поднятие кисти, 7 – подъем руки в предплечьи, 8 – подъем руки в плече.

удавалось. Отчетливые реакции наблюдались при поворотах головы, подъеме руки в плече, движении туловища (рис. 1А).

При сочетанном отведении КГР и плетизмограммы испытуемые разделились на две неравные группы: у большинства (77%) при совершении движений скачков периферического давления крови и частоты пульса не отмечалось, тогда как у некоторых (23%) одновременно с колебаниями КГР отмечались кратковременные спазмы периферических сосудов.

При отведении от кожи предплечий, голени и отдельных участков туловища зарегистрировать флуктуации КГР не удалось. Неорганизованные произвольные движения мимических мышц лица и нижней челюсти вызывали фазические колебания КГР при отведении от пальцев руки.

Полученные результаты были настолько однотипны, что не требовали специальных методов статистической обработки. Межиндивидуальные различия касались только уровней тревожности и амплитуд вызванных фазических колебаний КГР отдельных испытуемых, что никак не повлияло на конечные результаты и выводы, т.к. в нашей работе мы уделяли преимущественное внимание внутрииндивидуальным результатам каждого испытуемого.

*Зависимость амплитуды вызванных КГР от мышечных усилий.* На рисунке 1В показаны реакции при отведении от фаланг пальцев левой руки у разных испытуемых, находившихся в спокойном расслабленном состоянии, когда они максимально поднимали пальцы правой руки, свободно лежащей на столе. Пальцы поднимались и сразу опускались произвольно, по очереди, без отрыва ладони от стола в среднем через каждые 5 с. Испытуемые производили заранее установленные инструкцией движения без подачи специальной команды экспериментатором, чтобы избежать влияния установки на вызванные ответы КГР, однако интервал между движениями был достаточно велик для того, чтобы произошло угашение реакции на предыдущее движение. Затем испытуемый последовательно поднимал кисть без отрыва предплечья от подлокотника кресла, сжимал кулак, поднимал предплечье и, наконец, всю руку до уровня плеча. Чем резче был подъем, тем круче была восходящая фазического компонента. По субъективным отчетам испытуемых они не испытывали каких-либо возникающих при движениях эмоциональных состояний или реакций. На рисунке 1В видна прямая зависимость амплитуды и площади кривых от приложенных усилий, затраченных на подъем.

На рисунке 2А показаны реакции КГР, зарегистрированные с пальца при сжатии динамометра правой рукой с силой 2, 4, 6 и 8 кг. Рисунок 2Б демонстрирует нам реакции КГР при сжатии динамометра на те же значения, расположенные в обратной последовательности (8, 6, 4 и 2 кг). Здесь также отчетливо видна зависимость параметров КГР от силы приложенных усилий. На рис. 3 показаны изменения КГР при повторении одного и того же усилия. Отмечается быстрое (в среднем на 4–5 раз) угашение КГР при создании одного и того же мышечного напряжения при его повторении через каждые 5–7 секунд.

*КГР при эмоциональных реакциях и имитации их внешнего выражения с помощью мимической мускулатуры.*

**Болевые реакции.** В экспериментах в качестве болевого стимула в большинстве случаев использовалось ущемление испытуемыми корня языка коренными зубами, а в качестве имитации – сдавливание челюстей с силой, субъективно сходной при ущемлении. В некоторых случаях у испытуемых уже были раневые поверхности (порезы). Тогда эксперимент заключался в нажатии самим испытуемым на рану до появления ощущения боли, а затем нажатии с такой же силой на неповрежденный участок. Полученные кривые совмещались по времени и сравнивались их амплитуды и площади. Пример таких наложений показан на рис. 4В. Внутрииндивидуальные различия между амплитудами вызванных колебаний КГР на боль и ее имитацию составляли от 1 до 9 условных единиц при межиндивидуальном разбросе амплитуд от 60 до 130 условных ед. Таким образом, различия между указанными амплитудами



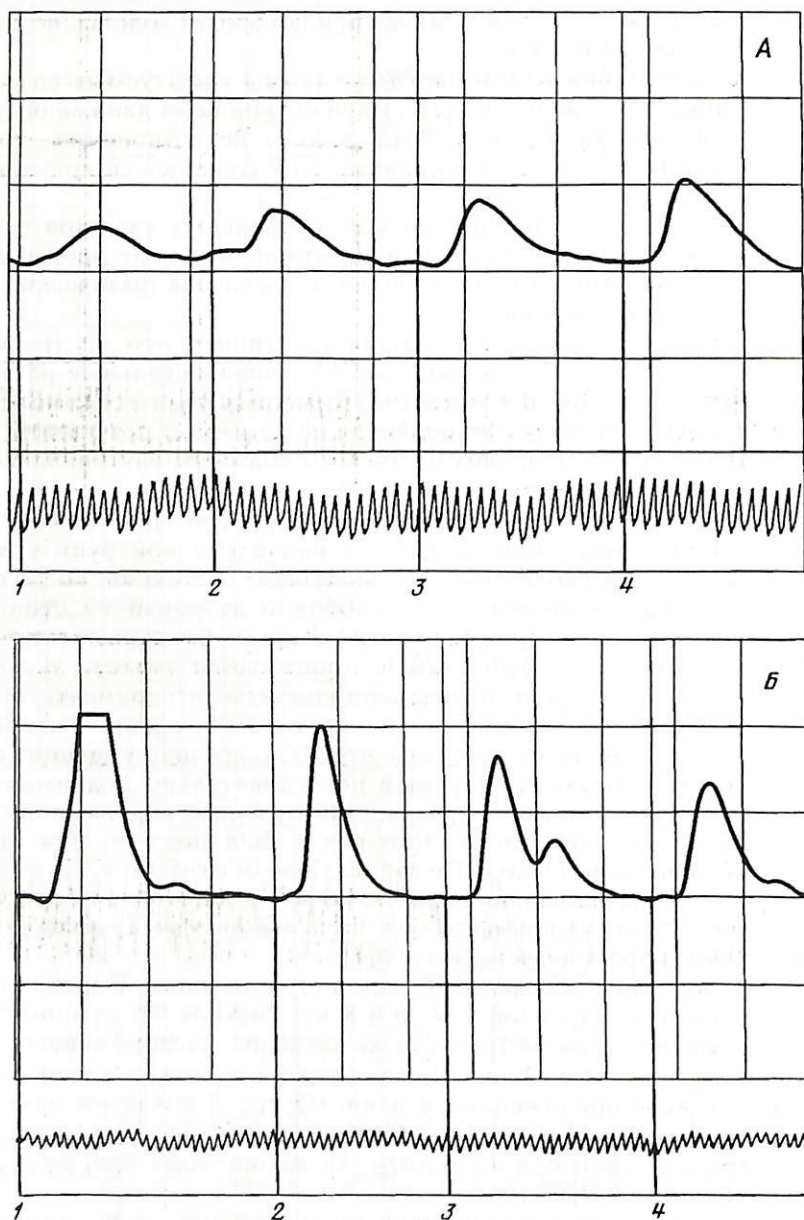


Рис. 2. КГР при сжатии динамометра. А: 1 – 2 кг, 2 – 4 кг, 3 – 6 кг, 4 – 8 кг. Б: 1 – 8 кг, 2 – 6 кг, 3 – 4 кг, 4 – 2 кг. Остальные обозначения как на рис. 1.

составляли в среднем от 0,9% до 10 и не превышали 15%. У одних испытуемых амплитуда КГР была выше на реальную боль, а у других – на ее имитацию. Такой же разброс данных был получен нами как при сопоставлении вызванных ответов КГР на улыбку и ее имитацию, так и при оценке реакции на ориентировочный рефлекс и его имитацию.

**Улыбка.** Это эмоциональная реакция, выражаемая внешне только движениями мимических мышц. При отведении от пальцев левой руки при вызове у испытуемого улыбки отмечалось фазическое колебание КГР. После этого испытуемого просили в точности повторить, имитировать движения мимических мышц, таких же, как при

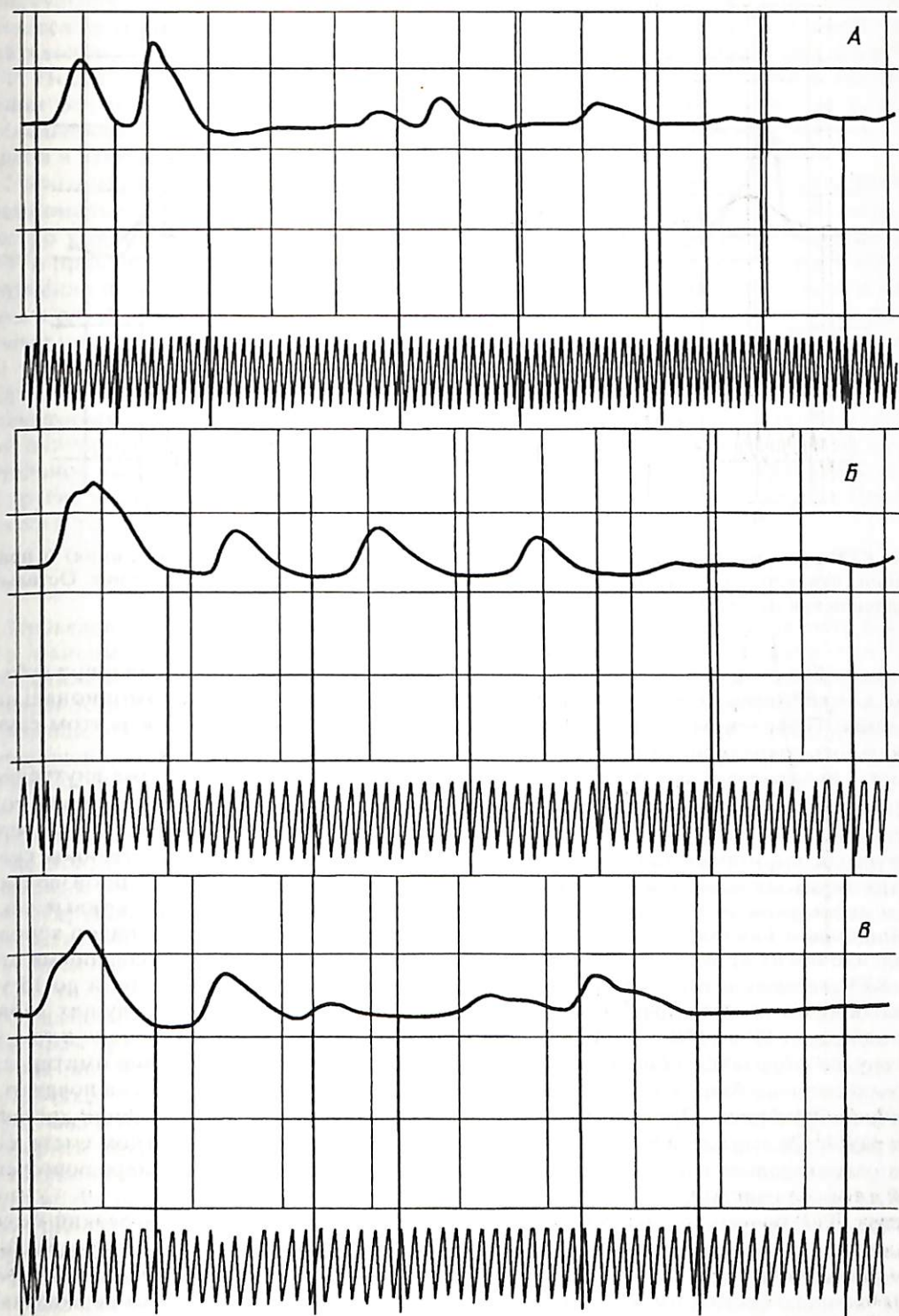


Рис. 3. Угашение КГР при поднятии большого пальца руки (А), при сжатии динамометра (Б), при предъявлениях болевого раздражителя. Остальные обозначения как на рис. 1.

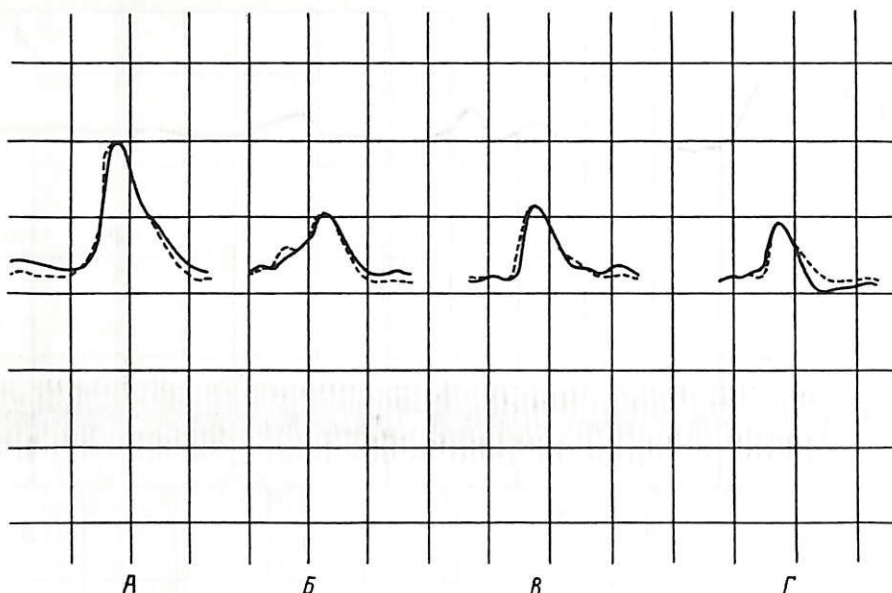


Рис. 4. КГР при эмоциональных и ориентировочных реакциях (сплошная линия) и при их имитации (пунктир). А – улыбка, Б – смех, В – боль, Г – ориентировочная реакция. Остальные обозначения как на рис. 1.

улыбке, но без специфического внутреннего эмоционального ощущения, при субъективно контролируемом отсутствии соответствующего улыбке эмоционального состояния. Полученные кривые совмещали (рис. 4А). Видно, что и в этом случае наблюдалось совпадение кривых как по амплитуде, так и по площади.

**Смех** – индивидуальная эмоциональная реакция, включающая, кроме внутреннего эмоционального состояния, разнообразные движения мимических мышц, мышц головного аппарата, диафрагмы и межреберных мышц. После обучения, при котором испытуемый запоминал мышечные движения, возникающие при естественном смехе, вызванном эмоциональной ситуацией, производилась запись КГР на произвольный смех и его звуковую имитацию с интервалом в среднем 1 мин. Обе кривые также совмещались и накладывались друг на друга (рис. 4Б). Здесь также видно хорошее совпадение обеих кривых. Внутрииндивидуальные различия между вызванными ответами КГР на смех и его имитацию были несколько больше и доходили до 15 у.е., однако и сами амплитуды КГР также были больше, чем в предыдущих сериях, и составляли от 90 до 150 у.е. Увеличение различий может быть объяснено и тем, что смех трудно поддается стандартизации, и хотя испытуемые старались имитировать смех максимально близко к реальному, разница между ними все же могла повлиять на увеличение разброса. Проведение полного статистического исследования достоверности различий амплитуд и площадей колебаний КГР при многократном смехе и его имитациях оказалось невозможным из-за быстрого гашения КГР по мере повторения одной и той же реакции.

**Испуг.** Рассматривали эмоциональную реакцию испытуемого на резкий неожиданный звук, раздающийся за его спиной, выражающуюся в сильном вздрагивании, напряжении, часто включающем поворот головы в сторону источника звука. На фоне расслабленного состояния испытуемого и регистрации КГР раздавался неожиданный сильный хлопок ладонями или сильный стук дверью, что вызывало видимое вздрагивание испытуемого и появление фазической волны на регистрации. Имитация вздрагивания давала такое же отклонение кривой.

**КГР и ориентировочная реакция.** Для возникновения ориентировочной реакции



испытуемого провоцировали повернуть голову направо или налево и посмотреть, что делается за спиной, когда раздастся неожиданный шум (движение за спиной, несильный хлопок). Испытуемые выполняли инструкцию, при этом появлялись фазические КГР. После этого испытуемого просили совершить произвольно точно такие же движения без предъявления ориентировочного сигнала. Полученные при этом КГР накладывались друг на друга. При правильном исполнении движений различий между первой и второй кривой не отмечалось (рис. 4Г).

*Угашение реакций КГР при повторении ситуаций.* Все виды мышечных движений, эмоциональных реакций и их имитаций по мере их повторения через каждые 5–7 с быстро уменьшались как по амплитуде, так и по площади фазического компонента КГР и практически полностью исчезали уже на 4–5-й раз. Скорость угашения была неизменна независимо от того, было ли это движение, эмоция или ее имитация. При этом в случае эмоциональных реакций по субъективным отчетам испытуемых внутреннее эмоциональное ощущение оставалось неизменным. На рис. 3 показаны примеры угашения некоторых реакций: на поднятие большого пальца руки (рис. 3А), сжатие динамометра на 4 кг (рис. 3Б) и на болевой раздражитель (рис. 3В). Видно, что в некоторых случаях происходит полное угашение. При движении пальцев, а особенно при повторных сжатиях динамометра, угашение развивалось, несмотря на последовательное увеличение мышечных усилий. При этом полностью сохранялись реакции на другие мышечные действия, например, на поворот головы, напряжение брюшного пресса и т.д.

## ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Проведенное нами картирование КГР для некоторых поверхностей тела показало, что максимально чувствительные зоны по амплитуде и площади тонических колебаний находятся на ладонных поверхностях рук, значительно слабее реакции с поверхности кожи лба и практически отсутствуют на коже голени, предплечья и туловища. Известно, что появление КГР тесно связано с потоотделением и терморегулирующей функцией гомеостаза организма. Потовые железы распределены по коже человека очень неравномерно [6]. Наиболее богата ими кожа мякоти пальцев рук и ног, ладоней и подошв, подмышечных и паховых складок. В этих местах на 1 кв. см открывается более 300 желез, тогда как в других местах кожи – 120–200 желез. В коже лба, в подмышечных складках находятся апокриновые железы, они богаче белковым секретом с резким запахом. Остальные железы относят к мерокриновым, секретирующим жир, гликоген и 98% воды. Железы иннервируются окончаниями вегетативной системы. Они же иннервируют сосуды и артериовенозные анастомозы кончиков пальцев.

Таким образом, обнаруженная нами максимальная чувствительность фаланг пальцев связана только с высокой концентрацией потовых желез в этой области и наличием артерио-венозных анастомозов, в целом обеспечивающих процессы терморегуляции. Такой вывод противоречит мнению Букзайна о существовании трех различных мозговых источников КГР: гипоталамус-терморегуляторной, области Бродмана и базальных ганглий – тонкие движения, и ретикулярной формации – локомоторная активность. Более правдоподобной гипотезой нам кажется следующая: источник терморегуляции один – гипоталамус. Удаление мозга роstralней гипоталамуса почти не влияет на регуляцию температуры и потоотделение, тогда как после разрушения гипоталамуса способность к терморегуляции исчезает [7]. Все же другие структуры обеспечивают параллельное протекание других психологических явлений, что может модулировать процесс терморегуляции, в частности, потоотделение.

Существенную роль в формировании КГР играет то, сколько и какие мышцы вовлекаются в двигательный акт. Так, например, высокие амплитуды КГР при движении пальцев связаны с особенностями их мышечной организации. Движение пальцев и кисти обеспечивают не только внутренние мышцы самих пальцев и кисти,



но и большие мышцы, связывающие нижнюю часть плечевой кости и кистью, деятельность которых существенно влияет на процессы гомеостаза.

Потоотделение – это процесс нормализации внутренней температуры тела, изменившейся в результате повышения метаболизма, вызванного стрессом, мышечной активностью, активного перераспределения крови в организме и других внутренних изменений, влекущих повышение температуры. Оно обеспечивается действием симпатических нервных окончаний (только они иннервируют потовые железы), активируемых термоцептивными нейронами переднего гипоталамуса. Одновременно вовлечение паравентрикулярных ядер этой структуры активизирует гипоталамо-гипофизарную ось, обеспечивая гуморальную регуляцию всего организма. В наших данных по влиянию различных движений на КГР действительно возникали фазические колебания, пропорциональные затраченным усилиям, отражающие усиление деятельности симпатической нервной системы по активизации процесса потоотделения и нормализации гомеостаза. Это же справедливо и для функционирующих мимических мышц во время эмоциональной реакции.

Процессы привыкания достаточно подробно описаны в литературе [9]. Однако в наших экспериментах следует отметить некоторые особенности. Во-первых, предъявление стимулов во многих случаях находилось под контролем самих испытуемых, а во-вторых – угашение амплитуды КГР могло происходить до полного исчезновения реакции на фоне постоянно нарастающей силы стимулов. Кроме этого, угашение касалось только определенных мышц или их систем, что позволяет говорить о локальной адаптивной регуляции пространственно локализованных и ограниченных метаболических процессов вегетативной нервной системы в случае незавершенности целостной поведенческой реакции, направленной на поддержание постоянства (гомеостаза) внутренней среды организма. Такая локальная регуляция могла бы осуществляться на соответствующем сегментарном спинномозговом уровне, обеспечивающем вегетативные рефлексы и/или катехоламинами крови, снабжающей данную мышцу или их систему [11].

Использование процедуры вычитания кривых не позволило нам выделить специфический вклад изученных базовых эмоциональных реакций в характеристики регистрируемой КГР. Более наглядно независимость фазических КГР от собственно эмоциональных реакций проявилась в угашении КГР при сохранении субъективного компонента переживаемых эмоций. Это значит, что фазическая КГР не только не является специфическим индикатором эмоциональных реакций, но во многих случаях не может быть и количественным коррелятом интенсивности эмоциональной реакции. Такой же вывод можно сделать и по отношению ориентировочной реакции.

Можно думать, что регистрируемые при эмоциональных и ориентировочных реакциях тонические колебания отражают базовый общий процесс. По нашему мнению, таким общим процессом является стрессовое состояние и стрессовая реакция [1].

Стресс как термин первоначально был введен для обозначения реакции организма на предъявленные к нему требования путем изменения гомеостаза. В настоящее время известно, что систему мозга, обеспечивающую регуляцию стрессового состояния, образуют голубое пятно в ретикулярной системе заднего мозга, содержащее норадренэргические нейроны, и паравентрикулярные ядра гипоталамуса, обладающие симпатическими функциями. В целом гипоталамус – основной регулятор вегетативных функций. В то же время существует достаточно полно экспериментально обоснованная концепция о том, что активирующая система ретикулярной формации регулирует активность неокортекса, а гипоталамус обеспечивает поддержание уровня бодрствования и регуляцию активности лимбической системы [11].

Поэтому вполне обоснованным кажется предположение, что понятие "стрессовое состояние человека в покое" является физиологическим синонимом поведенческого термина "уровень бодрствования" и психологического термина "личностный уровень тревожности". Как считают Гершон и Ридер [5], стрессорная система мозга (паравентрикулярное ядро гипоталамуса и голубое пятно ретикулярной формации) уста-

навивает уровень бодрствования и эмоционального тонуса. При действии стрессоров повышается уровень бодрствования и, соответственно, тревожности (ситуативной). Возмущения, возникающие при этом в гомеостазе, через симпатическое воздействие на потовые железы изменяют электропроводность кожи, что и отражается в изменениях тонической (уровень стрессового состояния) и фазической составляющих (стрессовая реакция, ситуативная тревожность) КГР.

### ВЫВОДЫ

1. Сравнение амплитуды фазических колебаний КГР в различных отведениях показало, что максимальные величины регистрируются с ладонной поверхности пальцев руки; это объясняется наибольшей концентрацией потовых желез мерокринового типа на этих участках кожи.

2. Установлено, что угашение КГР может сопровождаться сохранением субъективного компонента эмоциональной реакции. Это показывает, что фазические колебания КГР не являются специфическими индикаторами базовых эмоциональных и ориентировочных реакций и не обладают качественной различительной значимостью для них. С этой точки зрения, КГР отражает именно процессы терморегуляции в процессе мышечной активности, а через них – силу и продолжительность стрессовых реакций, вызвавших изменения гомеостаза.

3. Можно предположить, что термин "стрессовое состояние" синонимичен психологическому понятию "уровень бодрствования", а физиологический термин "активация" – также понятию "уровень бодрствования", что придает всем этим терминам существенно сходное значение.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аракелов Г.Г. Стресс и его механизмы // Вестник Московского Университета. Серия 14. "Психология", № 4, 1995. С. 45–54.
2. Аракелов Г.Г., Лысенко Н.Е., Шотт Е.К. Психофизиологический метод оценки тревожности // Психол. журн. 1997. Т. 18, № 2.
3. Баклаваджан О.Г. Гипоталамус / Общая и частная физиология нервной системы. Наука. Л., 1969. С. 362–368.
4. Букзайн В. // Иностранная психология. Т. 4. № 2. 1994. С. 57–67.
5. Гершон Э.С., Ридер Р.О. Важнейшие психологические расстройства и мозг // В мире науки. М., 1992. С. 83–90.
6. Елисеев В.Г. Гистология. М., 1963. С. 428.
7. Окс С. Основы нейрофизиологии. М., 1969. С. 386.
8. Симонов П.В. Мотивированный мозг. М., 1987.
9. Соколов Е.Н. Восприятие и условный рефлекс. М., 1958.
10. Шеперд Г. Нейробиология. М., 1987. Т. 2. С. 273–294.
11. Шмидт. Физиология человека. М., 1985.
12. Feldman S., Wolter H.J. Nature. 1969. P. 196–1320. Цит. по 3.