

ВЛИЯНИЕ ЭМОЦИОНАЛЬНОГО НАПРЯЖЕНИЯ НА ПАРАМЕТРЫ ТРЕМОРА УСИЛИЯ В ПРОЦЕССЕ «ШТАТИВНОГО ХВАТА» ПЕРА

INFLUENCE OF EMOTIONAL TENSION ON THE PARAMETERS OF EFFORT TREMOR DURING "DYNAMIC TRIPOD GRIP" OF THE PEN

A. Belinsky
V. Devishvili
A. Chernorizov
M. Lobin

Summary: Background. Assessment of emotional tension through physiological factors can be instrumental in improving academic performance. Usage of tremor as an indicator of emotional tension is a promising technique and requires further research.

Objective. To investigate the presence of connection between emotional tension and tensotremorogram characteristics in the frequency range of 8-16 Hz with the tripod handle grip.

Design. A sample of 50 healthy subjects performed force contraction at 10% of maximum voluntary contraction [MVC] with feedback, under tripod grip pen conditions. During the experiment, emotionally significant images from the COMPASS database and sound stimuli exceeding the comfort level were presented. Data analysis was performed using a mathematical method of data fragmentation, while Epps-Singleton statistic was used to confirm the presence of changes in tremor.

Results. The result of the experiment demonstrated an increase in tremor amplitude when presented with sound, negative and positive stimulation compared to a neutral stimulus and without it. These findings are consistent with previous studies under isometric contraction conditions, which presented relationships of strength changes depending on emotional tension

Conclusion. The problem of defining emotional tension within affective science has been highlighted and a specific definition has been proposed for the present study. By changing the condition of compression of these sensors with the staff grip of a given force, we can conclude about the relatively similar effect of emotionally significant stimuli on the parameters of tensotremorometry. The practical usages of the application of the present technique are highlighted.

Keywords: physiological tremor, tensotremorometry, maximal voluntary contraction [MVC], emotional tension.

Белинский Артем Викторович

аспирант, Московский Государственный Университет
имени М.В. Ломоносова
v10046321@yandex.ru

Девишвили Важа Михайлович

кандидат биологических наук, доцент, Московский
Государственный Университет имени М.В. Ломоносова
vmdev@mail.ru

Черноризов Александр Михайлович

доктор психологических наук, профессор, Московский
Государственный Университет имени М.В. Ломоносова
amchern53@mail.ru

Лобин Михаил Александрович

старший разработчик, ООО «ПГК ДИДЖИТАЛ»
m.lobin@list.ru

Аннотация: Актуальность темы. Изучение тремора как показателя эмоционального напряжения является перспективной методикой, требующей дальнейших исследований. Оценка психоэмоционального напряжения по физиологическим показателям позволит улучшить качество обучения школьников и студентов.

Цель. Выявить наличие связи между эмоциональным напряжением и характеристиками тензотреморограммы в частотном диапазоне 8-16 Гц в условии штативного захвата ручки.

Описание хода исследования. Выборка 50 здоровых испытуемых, которые выполняли силовое сокращение в значении 10% от максимального произвольного сокращения [МПС] с обратной связью, в условиях штативного захвата ручки. В ходе эксперимента предъявлялись эмоционально значимые изображения из базы COMPASS и звуковые стимулы, превышающие уровень комфорта. Анализ данных приводился с помощью метода скользящего окна и использованием статистики Эппса-Синглтона для подтверждения наличия изменений в треморе.

Результат исследования. Результат эксперимента продемонстрировал увеличение амплитуды тремора при предъявлении звуковой, негативной и позитивной стимуляцией по сравнению с нейтральным стимулом и без него. Эти данные согласуются с предыдущими исследованиями в условиях изометрического сокращения, в которых было представлены связи изменения силы в зависимости от эмоционального напряжения.

Заключение. Предложено рабочее определение эмоционального напряжения в рамках аффективной науки и разработана практическая методика его оценки. С учетом изменения условия сжатия тензодатчиков штативным хватом заданного усилия можно сделать вывод об относительно схожем воздействии эмоционально значимых стимулов на параметры тензотреморометрии. Выделены способы практического применения настоящей методики.

Ключевые слова: физиологический тремор, тензотреморометрия, максимальное произвольное сокращение [МПС], эмоциональное напряжение.

Введение

Изучение эмоций, настроения и аффекта представляет значительный научный и практический интерес. Данная область имеет множество конструктов

с альтернативными теориями для каждого конструкта. Среди таких конструктов, описывающих активирующие свойства аффекта, выступают: эмоциональное напряжение, эмоциональный стресс, возбуждение, и так далее. Поэтому для исследователей в области аффективной

психологии необходимо определять верное толкование того конструкта на которое направлено исследование.

Кульба С.Н. в диссертационной работе указывает на то, что эмоциональное напряжение может рассматриваться как функциональное состояние, если рассматривать шкалу бодрости, либо как системную реакцию организма в случае прослеживания динамики конкретного физиологического показателя [7]. Описание этих характеристик не подводит нас к тому, чтобы дать точное определение.

В то же время нервно-эмоционального напряжения ряд авторов описывают в категориях физиологических маркеров «первым проявлением и ведущим объективным признаком нервно-эмоционального напряжения является экстренное выделение и повышение уровня катехоламинов [адреналина, норадреналина] в крови» [2]с. 2].

Многие авторы акцентируют внимание на том, что эмоциональное напряжение сводится к определению эмоционального стресса [12][6][4]. Понятие эмоционального стресса претерпело ряд качественных изменений с развитием данной области исследования. В современных научных трудах устоялось достаточно строгое определение эмоционального стресса как первичной эмоциональной реакции индивида, сопровождающейся выраженными неспецифическими изменениями биохимических, электрофизиологических и других коррелятов стресса в целом [[11] [14] [31]. Здесь необходимо отметить, что феномен эмоционального стресса обычно рассматривается как дезадаптивная и в негативном контексте [3] [12], [37], [55]].

Понятие об эмоциональном стрессе, несомненно, играет значительную роль в определении эмоционального напряжения, но между ними нельзя поставить знак равенства. Понятие эмоционального напряжения даже самой формулировкой ставит на первое место в генезе состояния напряжения эмоциональные процессы, а вовсе не физиологические.

Об этом свидетельствуют данные, которые проводят в сравнении физиологических характеристик и субъективных оценок состояний испытуемых. Так в исследовании содержания кортизола в крови, как маркера стресса, и субъективных оценок воспринимаемого эмоционального стресса были обнаружены корреляционные связи примерно в 25% случаев [20].

Рассматривая эмоциональные теории, которые имеют нейрофизиологическое подтверждение и включают фактор возбуждения, можно видеть, что они разделяются на теории дискретных категорий и теории измерений. [46].

Теории дискретных категорий предполагают наличие

отдельных универсальных эмоций [27], в то время как теории измерений эмоций концептуализируют аффекты как представление, по крайней мере, двух независимых измерений [то есть возбуждения и валентности], которые охватывают аффективное пространство как ортогональные проявления [45]. Под аффектами в данном случае понимается «нейрофизиологическое состояние, сознательно доступное как простое примитивное нерелективное чувство, наиболее очевидное в настроении и эмоциях, но всегда доступное сознанию» [26] с. 322].

С физиологической точки зрения это оправдано, так как по исследованиям структур головного мозга получены результаты о том, что возбуждение и валентность обрабатываются отдельными нейронными цепями корковых и подкорковых областей независимо от сенсорной модальности [19]. Концепция возбуждения близка концепции эмоционального напряжения, здесь необходимо обратить внимание на работу Р. Тайера [51], где автор разделяет возбуждение на два отдельных вида. Первый вид, это энергетическое возбуждение, которое понимается как общее функциональное возбуждение всего организма [в этот психофизиологический сдвиг вовлечена его ретикулярная активирующая система ствола мозга с ее прямыми проекционными областями - возбуждающая система мозга] [39][8]. Вторым видом возбуждения, выделяемым Тайером, является напряженное возбуждение, которое понимается как непосредственно эмоциональное. Напряженное возбуждение можно определить по ощущениям, которые варьируются от напряжения и тревоги до состояния спокойствия и тишины.

Сходную 3-х мерную структуру эмоционального состояния на русскоязычной выборке предложил Д.В. Люсин. В результате изучения и анализа были выделены следующие 3 составляющие эмоционального состояния: «Отрицательные эмоции с низкой активацией», «Положительные эмоции с высокой активацией» и «Напряжение» [9]. Примечательно то, что по итогу возбуждения как фактор активности, схожим образом с моделью Тайера, разделится на активацию и напряжение который по предположению отражает «психическое напряжение в чистом виде, независимое от валентности».

Таким образом, при обсуждении процесса возбуждения как концепции неоднократно высказывается разными авторами идея о необходимости разделять возбуждение энергетическое, связанное с генерализированной активацией организма и возбуждение напряженное связанное с эмоциональными состояниями. Возбуждение в чистом виде не может быть смоделировано в лабораторных условиях и определяется через совокупность факторов аффекта согласно выбранной модели [41].

Несмотря на большое число различных теорий стресса, возбуждения и эмоций, при изучении их вли-

яния на характер произвольных движений в рамках данной работы отмечается близость наших позиций к 3-х мерной модели эмоциональных состояний Люисина [9]. В связи с этим, мы придерживаемся мнения о том, что под эмоциональным напряжением понимается **фактор аффекта, обуславливающий активизирующую или дезактивизирующую функцию эмоциональной реакции на предъявленное условие [стимул]**.

В ряде работ по изучению связи эмоционального напряжения с параметрами произвольных движений в виде тремора были отмечены существенные различия в получаемых результатах в зависимости от используемых методов, методик, процедур и других факторов, влияющих на результаты эксперимента. Определённый научный интерес представляют результаты, полученные с помощью метода акселерометрии показывающие значимое увеличение амплитуды на частоте физиологического тремора в процессе предъявления эмоционально значимых стимулов [10] [1] ситуаций вызывающих стрессовую реакцию [5] [34] [36], а также при исследовании людей с тревожностью [21]. Так же зарегистрированы случаи, где не нашли существенной разницы в амплитуде тремора [29].

Для данной группы исследований характерны отличия, которые состоят в том, что в результате «регистрируются колебания тела [проекция центра тяжести] при сохранении человеком вертикального положения, стоя и по итогу сложно отделить произвольные и произвольные управляющие воздействия со стороны центральной нервной системы на двигательный аппарат человека» [47], с.378]. Преимущество тензотреморометрии состоит в том, что данный метод может дать более полные данные об активности структур, поскольку активность в центральных отделах двигательной системы пропорциональна величине волевого усилия [15].

В результате исследования с помощью тензотреморометрии было показано увеличение силы сжатия и увеличения колебаний силы на частоте локального физиологического тремора в процессе предъявления эмоциональных изображений [40] и стрессовых воздействий [22], [23]. В ряде исследований так же не обнаружили существенной разницы в группе здоровых испытуемых [18]. В отличии от изометрических условий эксперимента достоверно неизвестно при подключении дополнительных групп мышц в процессе удержания пишущего предмета будет ли вызывать сходные эмоциональные реакции на значимые стимулы [25]

В рамках системы образования, стресс также играет значительную роль. Он влияет на процесс обучения и ухудшает скорость и качество обучения студентов [43]. Этот феномен известен достаточно давно, и существует некоторый корпус работ относительно определения

уровня стресса у обучающихся [44] [49], однако попыток включить измерение уровня стресса или психоэмоционального напряжения непосредственно в процесс офлайн-обучения не предпринималось.

Таким образом, изучение уровня стресса в процессе письма представляется весьма интересной задачей в рамках процесса обучения, поскольку использование этой информации может в дальнейшем позволить оптимизировать процесс обучения. Данная работа исследует перспективы использования тензотреморометрии в процессе письма как методики определения уровня стресса.

Целью данной работы является определение связи эмоционального напряжения и параметров тензотреморометрии в частотном диапазоне 8-16 Герц в условиях штативного захвата ручки.

Гипотеза исследования – Высокое эмоциональное напряжение может быть связано со значимыми изменениями частотно-амплитудных характеристик тензотреморограммы в процессе штативного удержания пера.

Выборка. В исследовании принимало участие 50 человек [28 мужчин и 22 женщины, средний возраст = 23 +/- 2.4 года].

Описание хода исследования

Испытуемым необходимо было взять ручку, на корпусе которой встроены тензодатчики в местах контактных точек для динамичного «штативного» удержания. Динамический штативный хват — это удержание письменных принадлежностей, упирающихся в средний палец, в то время как большой и указательный пальцы контролируют карандаш, ручку, маркер или мелок. Существует множество других функциональных способов захвата письменных принадлежностей, но динамический штативный хват традиционно считается предпочтительным для скорости, контроля и формы письма [Donica, Massengill, Gooden, 2018]. Испытуемые находились в положении сидя, рука опиралась предплечьем и кистью на подставку, держа ручку наконечником, направленным к столу, и фиксировалась [рис. 1]. Перед испытуемыми на расстоянии 30 см от глаз располагался монитор с обратной связью [рис. 2]. В качестве обратной связи испытуемым демонстрировался график силы сжатия, где по оси X было отмечено время, по оси Y - сила сжатия на тензодатчик, находящийся под большим пальцем. Ось Y имела разметку от 0 до 22000, где отметка 10000 характеризует 10% максимального произвольного сокращения. Испытуемые получили инструкцию поддерживать линию графика силы сжатия на уровне 10000, для чего на графике была отмечена горизонтальной линией линия необходимого усилия. В ходе данного этапа проверялась гипотеза

о сохранении различий в треморограммах в покое и в эмоциональном напряжении при изменении условия удержания и сжатия тензодатчиков «штативным хватом»



Рис. 1. Удержание заданного усилия с помощью тензодатчика встроенного в ручку штативным захватом

Инструкция

Испытуемые получили следующие указания: «Вам необходимо поддерживать заданный уровень усилия [10000], указанный горизонтальной линией на мониторе, большим пальцем нажимая на тензодатчик на корпусе ручки до конца линии. В случайный момент времени

вам может быть предъявлен стимул в виде изображения или звука. Старайтесь поддерживать заданный уровень усилия на протяжении всего испытания. Перед основной сессией экспериментов испытуемые получили возможность потренироваться, проходя это же задание без стимула три раза. Отдых между стимулами был 5 секунд.

Всего для данного этапа было отобрано 15 изображений, 5 звуковых стимулов, 5 аудиофайлов без стимула. Этот экспериментальный этап длился на протяжении 14,5 минут.

Методы

Измерение максимального произвольного сокращения [МПС]

В иностранной литературе максимальное произвольное сокращение [МПС] понимается как maximum voluntary contraction [MVC] и обозначает максимально примененную силу, которая конвертируются в процентное значение для усреднения по силовым характеристикам всех испытуемых. [52] [53][42]

Испытуемые получили указания захватить и максимально сжать 3 тензодатчика расположенных на корпусе ручки, которые соответствуют указательному, большому и среднему пальцу и сжать «как можно сильнее» в течение трех последовательных испытаний по 6 секунд. Сила, приложенная к каждому тензодатчику со стороны большого пальца, суммировалась в цифровом виде в каждом интервале выборки, и вычислялось среднее значение десяти наибольших образцов силы в каждом испытании. Среднее значение, полученное во время каждого из трех испытаний МПС, давало оценку МПС испытуемых. Было использовано 10% от МПС каждого

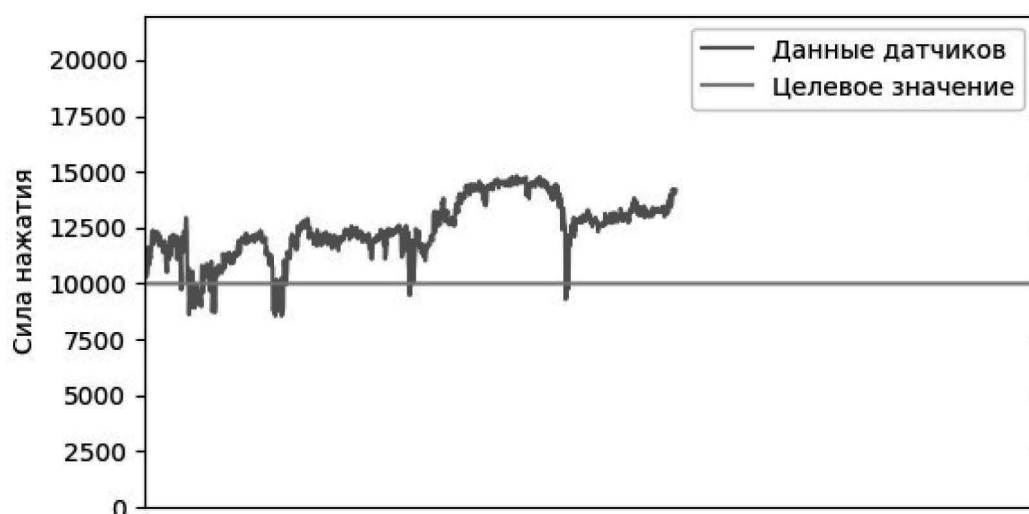


Рис. 2. График отображения удержания усилия при помощи обратной связи на экране монитора. По вертикальной оси – усилие сжатия. По горизонтальной оси – время 30 секунд

отдельного испытуемого в качестве целевой силы для каждого испытуемого.

Стимульный материал

В качестве стимульного материала, из базы COMPASS [54], было отобрано 15 изображений, разделенных по категориям валентности на негативные [изображения вызывающие отвращение], позитивные [красивые изображения] и нейтральные [предъявлялись на протяжении 2 с.], 5 звуковых стимулов из базы, включающие в себя звуки взрыва, мужских и женских криков продолжительностью 1 с. на громкости 105 Дб, а также 5 звуковых стимулов, содержащих в себе тишину.

Порядок и стимулы были определены случайным образом. Стимулы предъявлялись в промежутке времени, от 5 до 20 секунд.

Анализ данных

Данные собирались с помощью программно-аппаратного комплекса, который состоит из двух частей - модуля сбора данных вегетативной нервной системы, а именно фотоплетизмография [ФПГ] и электрическая активность кожи [ЭАК], а также модуля сбора данных тензотремометрии [17]. Обработка физиологических данных производилась с помощью программного обеспечения Neurokit2 [38]. Анализ данных проводился с помощью обработки данных методом скользящего окна полученных с тензодатчиков [32] и статистического анализа Эппса-Синглтона [28] для проверки на принадлежность сигнала выборке. Статистика критерия Эппса-Синглтона наилучшим образом подходит для анализа дискретных данных [данные тремора], поэтому был выбран именно этот критерий. После фрагментации методом скользящего окна данные фильтровались с помощью фильтра Баттерворта четвертого порядка с выделением полосы 8-16 Гц с целью получения непосредственно физиологического тремора.

Такая методика обработки позволяет исследовать продолжительную треморограмму, разбивая её на пересекающиеся последовательные участки. Это разбиение

позволяет определить участок треморограммы, где произошло изменение, и захватить его наиболее полно. Здесь разбиение необходимо для того, чтобы найти момент времени, где произошла реакция, однако если использовать непересекающееся разбиение, то возможна ситуация, когда момент реакции будет также разбит на два участка и не будет корректно интерпретирован. Использование критерия Эппса-Синглтона обусловлено тем, что для оценки уровня реакции необходимо сравнивать запись каждого участка с контрольной записью тремора в состоянии покоя, а критерий Эппса-Синглтона наиболее подходит для анализа записей различной длины.

Результаты исследования

Удержание заданного усилия с помощью тензодатчика встроенного в ручку штативным захватом

Данное исследование необходимо для проверки гипотезы о том, что эмоциональное напряжение будет вызывать реакцию и изменение треморограммы при удержании ручки штативным захватом.

После момента подачи сигнала заметно краткосрочное резкое увеличение амплитуд тремора [рис. 3] и значительно превышает по амплитуде другие экстремумы записи. Кроме того, заметное повышение амплитуды тремора после подачи стимула, которое затихает после 10-12 секунд, предположительно связано с реакцией на эмоциональное напряжение у испытуемого.

На рис. 4 демонстрируются данные записи ЭАК испытуемого параллельно с данными тензотремометрии. вертикальной линией отмечено место подачи стимула. На 15.5 секунде замечен резкий всплеск реакции, что соответствует реакции на стимул, с учетом времени запаздывания [33].

Аналогичная картина наблюдается на графике фотоплетизмографии рис. 5, также проводившейся параллельно - после подачи стимула наблюдался резкий рост ЧСС испытуемого, который нормализовался в течение десяти секунд после начала, что позволяет говорить о



Рис. 3. Отфильтрованные данные тензотремометрии испытуемого в условии «штативного захвата ручки» [по вертикальной оси % МПС/Гц, по горизонтальной оси – время], вертикальной линией – время подачи стимула «Звук».

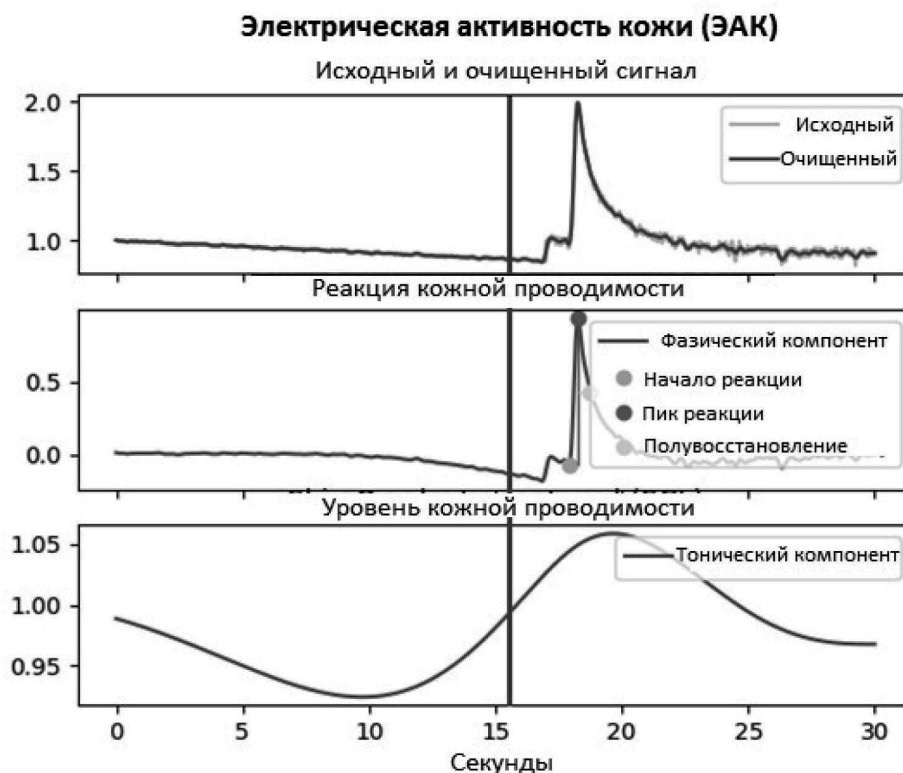


Рис. 4. Электрическая активность кожи [ЭАК]. Стимул «Звук» предъявлен на 15,5 секунде [отмечен вертикальной линией]. А – Запись сигнала датчика ЭАК, очищенные от шумов данные, в десятках микро Сименс [мкСм]; Б – данные выделенной составляющей реакции ЭАК, в десятых долях мкСм; В – тоновый компонент ЭАК, в десятых долях мкСм. По горизонтальной оси на всех графиках время.

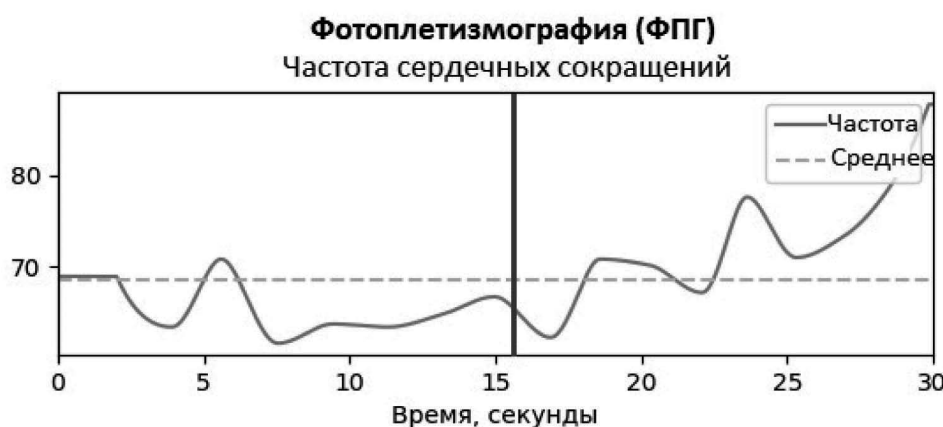


Рис. 5. Фотоплетизмография [ФПГ], стимул «Звук» предъявлен на 15,5 секунде и отмечен вертикальной линией. На графике показана частота сердечных сокращений [ЧСС] испытуемого на основе выделенных интервалов, по вертикальной оси количество ударов в минуту. По горизонтальной оси графика время.

выраженной реакции на стимульный материал.

Таким образом, при визуальном анализе данных, собранных при удержании заданного усилия на тензодатчике, встроенном в ручку «штативном» захвате, наблюдается характерная тенденция - после подачи стимула, возникает одновременно характерное изменение в характере тремора по данным тензотремометрии, и ре-

акция, характерная для эмоционального напряжения по данным датчиков ФПГ и ЭАК.

Таблица

Результат статистической обработки по стимулам со значением критерия значимости по Эппсу-Синглтону*, и значением средних амплитуд.

Таблица

Тип стимула	Стимульный материал предъявлялся			Стимульный материал не предъявлялся		
	Epps-Singleton	p-value	dmax, % МПС	Epps-Singleton	p-value	dmax, % МПС
Звук	39.961739	0.000482	9.57	23.473463	0.00102	2.61
Красивое	40.790671	0.000262	7.33			
Отвратительное	43.413932	0.000205	8.12			
Нейтральное	27.113722	0.000766	4.49			

*Статистика теста значима в каждом случае [p-значение <0,05]

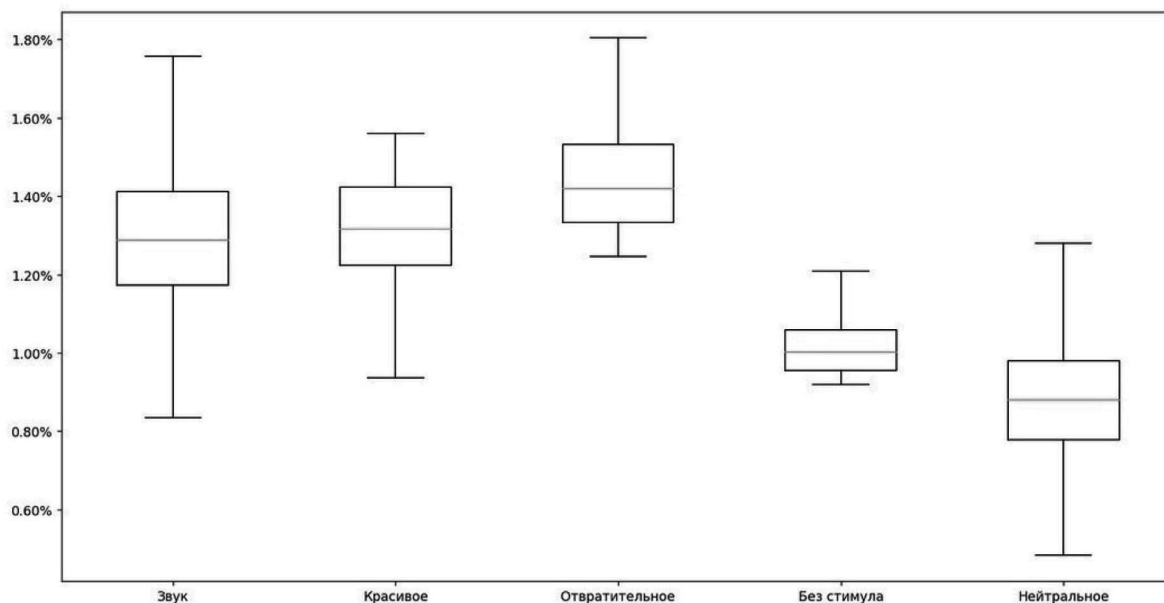


Рис. 6. Диаграмма размаха процентов разницы максимальной амплитуды тремора с разными стимулами и амплитуды без стимулов. Удержание усилия ручки с тензодатчиками. По вертикальной оси - % МПС

В таблице представлена статистика Эппса-Синглтона как основной инструмент определения наличия различий в сигнале после подачи стимульного материала и до него, а также dmax как разница между минимальной и максимальной амплитудой на записи. Большее значение статистики Эппса-Синглтона соответствует большему различию между участком записи после стимула и записью до стимула, большее значение dmax соответствует большему различию амплитуд на записи в целом.

В результате статистического анализа можно видеть, что статистика Эппса-Синглтона для стимулов «Звук», «Красивое», «Отвратительное» значительно выше, чем та же статистика для стимула «Нейтральное изображение» или пустого аудиофайла, что позволяет говорить о наличии значимых отличий между участком записи тензотрёморометрии в состоянии эмоционального напряжения и до него.

Разница максимальных и минимальных амплитуд dmax, в значимых стимулах и контрольных составила примерно в 2-3,5 раза. Это говорит о том, что увеличе-

ние разницы значения амплитуд наблюдалась в ситуации предъявления эмоционально значимых стимулов и таким образом дифференцировалась от контрольных, где относительно малая разница по dmax. По разнице амплитуд больший разброс силы получил стимул со звуком [dmax %МПС = 9.57].

На рис. 6, заметна характерная разница между разбросом данных при предъявлении стимулов «Звук», «Красивое», «Отвратительное», и при предъявлении стимула «Нейтральное изображение» или пустого аудиофайла. Разброс значительно увеличивается при подаче стимула, вызывающего эмоциональное напряжение, и остается сравнительно небольшим при подаче пустого аудиофайла либо же нейтрального изображения в качестве стимульного материала. Здесь среднее по выборке +/- стандартное отклонение находится в интервале от 1.19% до 1.41% при подаче стимула «Звук», интервале 1.2% - 1.4% при подаче стимула «Красивое изображение», и интервале 1.3% - 1.5% при подаче стимула «Отвратительное изображение». Средние значения этапа без стимула интервал находится в 0.95% - 1.05%, с подачей

нейтрального стимула находятся в интервале 0.8% - 1%.

Эта разница в разбросе амплитуд является значимой, и говорит о наличии роста мышечного тонуса при предъявлении стимула. Медианные значения в графах с предъявленным стимулом имеют сходные значения, что говорит о неспецифической реакции по отношению к стимулу.

Исходя из результатов эксперимента, гипотезу о наличии связи между эмоциональным напряжением по данным датчиков и изменением характера тремора по данным тензотремографии можно считать верной при удержании пера и датчиков штативным хватом.

Обсуждение результатов

Особенность данного эксперимента в отличие от изометрического условия заключается в способе удержания тензодатчика. Согласно данному способу, удержание производилось в «штативном» способе удержания пера, и тензодатчики располагались в контактных точках специально разработанной ручки. При анализе данных использовалась фрагментация данных методом «скользящего окна», полученные фрагменты сравнивались с контрольной записью тремора в покое с помощью критерия Эппса-Синглтона.

В процессе эмоционального напряжения, вызываемого с помощью изображений и звуков, можно заметить существенное отличие амплитуды тремора по сравнению с условием, где стимула не подавалось или подавался нейтральный стимул в обоих условиях экспериментов. Наибольшая разница между максимальной и минимальной амплитудой получил стимул со звуком. Это говорит о том, что звуковой стимул на уровне громкости в 105 dB, который входит в зону «дискомфорта», вызывает реакцию сильнее по сравнению с остальными стимулами или их отсутствием. Так же показано, что нейтральное изображение, которое вводилось для контроля влияния кратковременного прекращения показа обратной связи, получила значения сравнимо ниже, чем по значимым стимулам, как в статистических данных, так и графических.

В экспериментах, где в качестве меры вызова стрессовой реакции был удар током, в результате было показано, что амплитуда тремора не изменилась у молодых испытуемых на частотах 1-2 Гц и на частоте 8-12 Гц. У пожилых испытуемых было обнаружено значимое увеличение силового тремора на частоте 1-2 Гц [22]. Эти результаты несколько отличаются от результатов, полученных нами на молодой выборке. В частности, в данном эксперименте было получено значимое отличие характеристик силового тремора при предъявлении эмоционально значимых стимулов.

В работе С.А. Кумбес с коллегами было показано, что просмотр эмоциональных изображений, приводит к относительному увеличению силы сжатия, что помогает участникам поддерживать целевое усилие в отсутствие обратной связи о прикладываемой силе сжатия датчика [24].

К ограничениям исследования можно отнести размер выборки и разнообразие стимуляции. Для разнообразия стимуляции можно было бы использовать дополнительное исследование с слабым электрошоком, апробированной международной базой аффективных изображений и звуков [IAPS и IADS] [35][50]. Представляется перспективным провести сходное исследование, объединённое с использованием нейрофизиологической деятельностью головного мозга [ЭЭГ, МРТ и так далее]. Данная мера помогла бы определить участки головного мозга, задействованные в процессе предъявления стимулов и активации отделов отвечающих за моторное проявление произвольных движений.

Практическое применение

Важность диагностики эмоционального напряжения по тензотремограмме, находит свое отражение во многих практических областях. Особенно полезен способ такой диагностики для медицины, где от работы мелкой моторики может зависеть жизнь человека и коррекция тремора в процессе операции очень важно [16] [48]. Методика может внести научно-исследовательский вклад в детекцию скрываемой информации в плане изучения механизмов организации и управления работой нейромоторных единиц по частотно-амплитудным показателям тремора. Так же важность определения эмоционального напряжения важно в качестве меры безопасности. Например, для диагностики стрессового состояния, подписывающего документы. Такая возможность может быть реализована с помощью тензометрических датчиков в качестве инструмента регистрации изменений тремора и силовых характеристик во время письма [30].

В рамках обучения изучение уровня эмоционального напряжения позволяет улучшить скорость и качество обучения студентов, а также улучшить их качество жизни [13]. Основным направлением использования методики видится статистическое исследование уровня эмоционального напряжения студентов и учеников непосредственно в процессе обучения, и модификация учебных планов, методик и расписаний, чтобы понизить его. Другое направление, в котором методика может быть использована, это непосредственное определение уровня напряжения во время занятия с тем, чтобы корректировать уровень нагрузки в моменте.

Заключение

По результатам эксперимента можно сделать заклю-

чение о том, что имеется связь между эмоциональным напряжением по данным датчиков и изменением характера тремора и они сходны по структуре с изометрическим условием. Гипотеза о том, что изменение условия удержания заданного усилия [штативный захват] связано с различием между стимулами, вызывающими эмо-

циональное напряжение, была подтверждена. Также результаты эксперимента позволяют говорить о том, что при демонстрации стимулов, вызывающих эмоциональное напряжение, происходит увеличение амплитуды локального физиологического тремора на частотах 8-16 Гц при удержании ручки «штативным» захватом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Александров А.Ю. Психофизиологические подходы к комплексной оценке динамики эмоциональных состояний: Дис. канд. биологич. наук: 03.03.01 / Александров Антон Юрьевич; Санкт-Петербургский государственный университет. - СПб, 2018. С.116.
2. Бухтияров И. В. Жбанкова О.В., Чеснокова. Т.Т., Юшкова О.И., Гусев В.Б. Проведение комплексного психофизиологического исследования с использованием полиграфа и биохимических методов при профессиональном отборе кадров // Международный научно-исследовательский журнал. 2021. № 2 (105) (3). С. 58–63.
3. Бьюрстедт Х.М.Г. Кардиоваскулярные и дыхательные реакции в период психического стресса // Эмоциональный стресс, физиологические и психологические реакции, медицинские, индустриальные и военные последствия стресса. Л.: Медицина. 1970. С. 109–115.
4. Горелов А.А. Нервно-эмоциональное напряжение и повышение устойчивости студентов к его воздействию // БЕРЕГИНЯ.777. СОВА . 2012. № 15 (4).
5. Девишвили В.М., Мирзад М.А., Романюта В.Г., Судакова Н.Л. Тремор как показатель психофизиологического состояния оператора. В кн.: Эргономика. Тр.ВНИИ техн.эстетики, - 1974 - вып.6, с.107-124.
6. Коротко Г.Ф. Кадиров Ш.К., Булгакова В.А. Салива диагностика эмоционального напряжения и дисферментемий //Вестник интенсивной терапии. – 1998. – №. 4. – С. 11.
7. Кульба С.Н. Особенности участия полушарий головного мозга в регуляции психоэмоционального напряжения человека: Дис. канд. биологич. наук: 03.00.13 / Кульба Сергей Николаевич; Ростовский государственный университет. Ростов н/Д., 1997. - 120 с.
8. Леонова А.Б., Кузнецова А.С. Функциональные состояния и работоспособность человека в профессиональной деятельности // Психология труда, инженерная психология эргономика / Под ред Е.А. Климова и др., М: Юрайт, 2015 [глава 13].
9. Люсин Д.В. Трехмерная модель структуры эмоциональных состояний, основанная на русскоязычных данных // Психология. Журнал высшей школы экономики. 2019. № 2 (16).
10. Скорикова С.Е. Эмоциональное напряжение и физиологический тремор человека М., 1968.
11. Суворова В.В. Психофизиология стресса / Суворова В.В., М.: Педагогика, 1975. 318 с.
12. Судаков К.В. Эмоциональный стресс: теоретические и клинические аспекты. / К.В. Судаков, В.И. Петров, К.В. Гавриков и др. // Волгоград, 1997.- 168 с.
13. Сыманюк Э.Э. Исследование учебного стресса и его связь с успеваемостью учащихся старших классов // Педагогическое образование в России. 2019. (8). С. 42–49.
14. Щербатых Ю.В. Вегетативные проявления экзаменационного стресса // Прикладные информационные аспекты медицины. 1999. № 1 (2). С. 72–74.
15. Aleksanyan Z., Bureneva O., Safyannikov N. Tensometric tremorography in high-precision medical diagnostic systems // Medical Devices: Evidence and Research. 2018. (Volume 11). С. 321–330.
16. Arora S. [и др.]. The impact of stress on surgical performance: A systematic review of the literature // Surgery. 2010. № 3 (147). С. 318-330.e6.
17. Belinsky A. [и др.]. The New Device for Studying the Psychomotor Components of Writing // International Journal of Psychophysiology. 2021. (168). С. S148.
18. Blakemore R.L. [и др.]. Stress-evoking emotional stimuli exaggerate deficits in motor function in Parkinson's disease // Neuropsychologia. 2018. (112). С. 66–76.
19. Bonnet L. [и др.]. The role of the amygdala in the perception of positive emotions: an "intensity detector" // Frontiers in Behavioral Neuroscience. 2015. (9).
20. Campbell J., Ehler U. Acute psychosocial stress: Does the emotional stress response correspond with physiological responses? // Psychoneuroendocrinology. 2012. Т. 37. № 8.
21. Carrie J.R.G. Visual Effects on Finger Tremor in Normal Subjects and Anxious Patients // British Journal of Psychiatry. 1965. № 481 (111). С. 1181–1184.
22. Christou E.A. [и др.]. The 1- to 2-Hz oscillations in muscle force are exacerbated by stress, especially in older adults // Journal of Applied Physiology. 2004. № 1 (97). С. 225–235.
23. CHRISTOU E.A. Visual Feedback Attenuates Force Fluctuations Induced by a Stressor // Medicine & Science in Sports & Exercise. 2005. № 12 (37). С. 2126–2133.
24. Coombes S. A. [и др.]. Emotional states alter force control during a feedback occluded motor task. // Emotion. 2008. № 1 (8). С. 104–113.
25. Donica D. K., Massengill M., Gooden M. J. A quantitative study on the relationship between grasp and handwriting legibility: does grasp really matter? // Journal of Occupational Therapy, Schools, & Early Intervention. 2018. № 4 (11). С. 411–425.
26. Ekkekakis P. Affect, Mood, and Emotion Human Kinetics, 2012.
27. Ekman P., Cordaro D. What is Meant by Calling Emotions Basic // Emotion Review. 2011. № 4 (3). С. 364–370.
28. Epps T.W., Singleton K.J. An omnibus test for the two-sample problem using the empirical characteristic function // Journal of Statistical Computation and Simulation. 1986. № 3–4 (26). С. 177–203.
29. Eskov VM. [и др.]. GLANSORFF-PRIGOGINE THEOREM IN THE DESCRIPTION OF TREMOR CHAOTIC DYNAMICS IN COLD STRESS // Ekologiya cheloveka (Human Ecology). 2017. № 5 (24). С. 27–32.

30. Faundez-Zanuy M. [и др.]. Handwriting Biometrics: Applications and Future Trends in e-Security and e-Health // *Cognitive Computation*. 2020. № 5 (12). С. 940–953.
31. Fink G. *Stress: Definition and History* Elsevier, 2009. С. 549–555.
32. Fumarola F. [и др.]. A Sliding Window Algorithm for Relational Frequent Patterns Mining from Data Streams 2009. С. 385–392.
33. Giannakakis G. [и др.]. Review on Psychological Stress Detection Using Biosignals // *IEEE Transactions on Affective Computing*. 2022. № 1 (13). С. 440–460.
34. HESTER S.B., FOWLER S.C. Limb Tremor as an Indicator of Emotional Arousal // *The Journal of Nervous and Mental Disease*. 1980. № 11 (168). С. 679–684.
35. Lang P.J., Bradley M.M., Cuthbert B.N. *International Affective Picture System (IAPS): Affective Ratings of Pictures and Instruction Manual (Rep. No. A-8)* // Tech. Report A-6. 2005.
36. Lee H.J. [и др.]. Tremor frequency characteristics in Parkinson's disease under resting-state and stress-state conditions // *Journal of the Neurological Sciences*. 2016. (362). С. 272–277.
37. Levi L. INTRODUCTION: PSYCHOSOCIAL STIMULI, PSYCHOPHYSIOLOGICAL REACTIONS, AND DISEASE Elsevier, 1972. С. 11–27.
38. Makowski D. [и др.]. NeuroKit2: A Python toolbox for neurophysiological signal processing // *Behavior Research Methods*. 2021. № 4 (53).
39. Mountcastle V.B., Motter B.C., Andersen R.A. Some further observations on the functional properties of neurons in the parietal lobe of the waking monkey // *Behavioral and Brain Sciences*. 1980. № 4 (3). С. 520–523.
40. Naugle K.M. [и др.]. Influence of Emotion on the Control of Low-Level Force Production // *Research Quarterly for Exercise and Sport*. 2012. № 2 (83). С. 353–358.
41. Neiss R. Reconceptualizing arousal: Psychobiological states in motor performance. // *Psychological Bulletin*. 1988. № 3 (103). С. 345–366.
42. Novak T.S., Wilson S.M., Newell K.M. Establishing Task-Relevant MVC Protocols for Modelling Sustained Isometric Force Variability: A Manual Control Study // *Journal of Functional Morphology and Kinesiology*. 2021. № 4 (6). С. 94.
43. Pascoe M.C., Hetrick S.E., Parker A.G. The impact of stress on students in secondary school and higher education // *International Journal of Adolescence and Youth*. 2020. Т. 25. № 1.
44. Rodrigues M. [и др.]. Keystrokes and Clicks: Measuring Stress on E-learning Students 2013. С. 119–126.
45. Russell J.A. A circumplex model of affect. // *Journal of Personality and Social Psychology*. 1980. № 6 (39). С. 1161–1178.
46. Russell J.A. Emotion, core affect, and psychological construction // *Cognition & Emotion*. 2009. № 7 (23). С. 1259–1283.
47. Safiannikov N., Bureneva O., Aleksanyan Z. Isometric-Based method for hardware automated diagnostic of functional status of central nervous system IEEE, 2017. С. 377–384.
48. Singh S.P.N., Riviere C. N. Physiological tremor amplitude during retinal microsurgery IEEE, 2002. С. 171–172.
49. Stallman H.M., Hurst C.P. The University Stress Scale: Measuring Domains and Extent of Stress in University Students // *Australian Psychologist*. 2016. № 2 (51).
50. Stevenson R.A., James T.W. Affective auditory stimuli: Characterization of the International Affective Digitized Sounds (IADS) by discrete emotional categories // *Behavior Research Methods*. 2008. № 1 (40). С. 315–321.
51. Thayer R.E. The biopsychology of mood and arousal // *Applied Ergonomics*. 1992. № 5 (23). С. 352.
52. Vaillancourt D.E., Slifkin A.B., Newell K.M. Intermittency in the visual control of force in Parkinson's disease // *Experimental Brain Research*. 2001. № 1 (138). С. 118–127.
53. Vaillancourt D.E., Thulborn K.R., Corcos D.M. Neural Basis for the Processes That Underlie Visually Guided and Internally Guided Force Control in Humans // *Journal of Neurophysiology*. 2003. № 5 (90).
54. Weierich M.R. [и др.]. The Complex Affective Scene Set (COMPASS): Solving the Social Content Problem in Affective Visual Stimulus Sets // *Collabra: Psychology*. 2019. № 1 (5).
55. Ziegelstein R.C. Acute emotional stress and cardiac arrhythmias // *JAMA*. 2007. № 3 (298).

© Белинский Артем Викторович (v10046321@yandex.ru), Девишвили Важа Михайлович (vmdev@mail.ru),
Черноризов Александр Михайлович (amchern53@mail.ru), Лобин Михаил Александрович (m.lobin@list.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»