

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПРАКТИКИ GSR НА ЭЛЕКТРОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЧЕЛОВЕКА

Русинова А.В.^{1,2}, Потапкина Е.К.^{1,2}, Бальзанникова Е.А.^{1,2}, Устинов Д.Ю.³,
Тимошина Е.В.³, Подшибякин А.С.³, Осадчий А.Е.^{1,2}, Володина М.А.^{1,2,*}

¹ НИУ ВШЭ

² ООО «Брейнстарт»

³ ООО «ГСР Систем»

*Для корреспонденции: mariavolodina@yandex.ru

Резюме

Пилотное исследование направлено на оценку физиологических реакций, сопровождающих прохождение сессий по методике GSR, и на выявление специфических эффектов данной процедуры по сравнению с плацебо-условием. В эксперименте регистрировались мультимодальные физиологические данные (фотоплетизмограмма, кожно-гальваническая реакция, дыхание, электроэнцефалограмма, электромиограмма) у участников в ходе реальной и плацебо-сессии (просмотр видеозаписи GSR). Был проведен сравнительный анализ динамики физиологических показателей на разных этапах сессии. Повышенная электромиографическая активность мышцы, сморщивающей бровь, в процессе прохождения реальной GSR сессии с вербализацией по сравнению с плацебо-условием свидетельствует о более выраженном эмоциональном вовлечении. После прохождения реальной сессии у участников было зарегистрировано повышение мощности тета-ритма ЭЭГ во фронтальных отведениях в состоянии покоя с закрытыми глазами, а также физиологические признаки расслабления: снижение частоты дыхания и увеличение variability сердечного ритма. Полученные результаты свидетельствуют о том, что методика GSR может способствовать активации самореферентных и регуляторных процессов, сходных с эффектами медитативных практик. Ограничением исследования является небольшая выборка (7 человек в группе). Для подтверждения полученных результатов и оценки терапевтического потенциала методики требуется проведение дополнительного исследования на большей выборке.

Объектом исследования являются физиологические параметры человека, отражающие вегетативные реакции организма в ходе прохождения сессии по методике GSR.

Цель работы - выявление динамики ключевых физиологических параметров, таких как частота сердечных сокращений, вариабельность сердечного ритма, уровень кожно-гальванической реакции, частота дыхания и электрическая активность мозга в процессе прохождения сессии по авторской методике GSR. Методология исследования включает регистрацию мультимодальных физиологических сигналов у участников в ходе проведения психотерапевтической процедуры. Полученные данные позволяют оценить влияние каждого этапа сессии на физиологическое и нейрофизиологическое состояние человека.

В отчете представлено описание применяемой методики, характеристика собранных физиологических данных, используемые методы их обработки и анализа, а также результаты, отражающие динамику показателей в ходе сессии. Кроме того, в отчет включены метаданные, содержащие информацию об участниках и параметрах записанных сигналов.

Исследование проводилось в рамках изучения физиологических и психологических эффектов практики GSR и осуществлялось совместно с Центром биоэлектрических интерфейсов Института когнитивных нейронаук НИУ ВШЭ.

СОДЕРЖАНИЕ

СОДЕРЖАНИЕ	3
ВВЕДЕНИЕ	4
1 Актуальность и задачи исследования	5
1.1 Проблематика темы.....	5
1.2 Цель и задачи.....	6
2 Методы	7
2.1 Участники.....	7
2.2 Интервенция.....	7
2.3 Оборудование.....	9
2.4 Предобработка данных.....	9
2.5 Статистический анализ данных.....	13
3 Результаты	14
3.1 Электроэнцефалография (ЭЭГ).....	14
3.1.1 Фронтальный тета-ритм.....	16
3.1.2 Центральный гамма-ритм.....	17
3.2 Фотоплетизмография.....	19
3.2.1 Частота сердечных сокращений.....	19
3.2.2 Вариабельность сердечного ритма.....	20
3.3 Респирометрия.....	21
3.4 Кожно-гальваническая реакция.....	23
3.5 Электромиография.....	23
3.5.1 Активность мышцы, сморщивающей бровь (Musculus corrugator supercilii).....	23
3.5.2 Активность большой скуловой мышцы (Musculus zygomaticus major).....	24
3.6 Окулография.....	25
3.7 Психологические опросники.....	25
ОБСУЖДЕНИЕ	27
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	30
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	32
ПРИЛОЖЕНИЯ	34
Приложение 1.....	34
Приложение 2.....	37
Шкала позитивного аффекта и негативного аффекта, PANAS.....	37
Шкала тревоги Спилбергера-Ханина, STAI.....	39
Приложение 3.....	41

ВВЕДЕНИЕ

В настоящем отчете представлены результаты сравнительного анализа динамики физиологических показателей участников психотерапевтической сессии GSR и участников плацебо-группы, которым была предъявлена видеозапись сессии GSR.

Анализ постсессионных опросов выявил одинаковую долю участников в обеих группах, считавших, что они получили реальное воздействие, что подтверждает адекватность плацебо-контроля.

Целью исследования было выявить изменения физиологических параметров, специфические для участников, которым проводилась реальная GSR сессии в режиме онлайн.

В рамках исследования были применены методы первичной обработки физиологических сигналов, расчёт ключевых количественных метрик (таких как, амплитудные и частотные характеристики фотоплетизмограммы, временные и спектральные параметры ЭЭГ), а также анализ динамики показателей на разных этапах сессии. Для оценки влияния GSR сессии на психо-эмоциональное состояние участников дополнительно использовались психометрические опросники: шкала позитивного и негативного аффекта (PANAS) и шкала тревожности Спилбергера–Ханина (STAI).

Полученные данные позволяют оценить физиологический эффект авторской методики GSR и выдвинуть гипотезы о механизмах, лежащих в основе данной методики.

1 Актуальность и задачи исследования

1.1 Проблематика темы

На сегодняшний день одним из основных ограничений в оценке эффективности психотерапевтических методик является отсутствие объективных физиологических критериев. В большинстве случаев эффект от терапии оценивается преимущественно на основе субъективных данных, самоотчетов участников или интервью с ними, что снижает воспроизводимость и валидность выводов (Kazdin, 2007). В рамках данного исследования была поставлена задача получения физиологических показателей, которые могут объективно отражать изменения состояния человека в процессе терапии. Еще одной важной проблемой является недостаточная изученность динамики физиологических реакций на различных этапах психотерапевтического воздействия (Deits-Lebehn et al., 2020). В литературе редко встречаются работы, в которых подробно анализируется, какие именно этапы (например, фаза проговаривания специалистом симптома или закрепление результатов) оказывают наибольшее влияние на физиологические процессы.

Недостатком большинства существующих исследований на данную тему является отсутствие мультимодального мониторинга физиологического состояния. Как правило, в подобных исследованиях ограничиваются регистрацией одного-двух физиологических показателей, например только вариабельности сердечного ритма (López-Florit et al., 2021). В данном проекте была проведена одновременная регистрация кожно-гальванической реакции (КГР), фотоплетизмограммы (ФПГ), частоты дыхания и электроэнцефалографии (ЭЭГ), что позволяет получить более целостное представление о психофизиологическом состоянии участников и индивидуальной реакции на терапевтическое воздействие.

1.2 Цель и задачи

Цель исследования заключается в выявлении закономерностей динамики физиологических параметров в ходе прохождения психотерапевтической сессии по методике GSR.

Задачи исследования формулируются следующим образом:

1. Разработать экспериментальный дизайн, позволяющий провести сравнительный анализ показателей участников, проходящих сессию GSR и участников плацебо группы.
2. Провести мультимодальную регистрацию физиологических показателей: кожно-гальванической реакции (КГР), фотоплетизмограммы (ФПГ), электромиографии (ЭМГ), окулографии, респираторной активности и электроэнцефалограммы (ЭЭГ), у участников в ходе прохождения стандартизированных психотерапевтических сессий GSR с озвучиванием и без озвучивания, а также психологических показателей до и после сессии (PANAS, STAI).
3. Проанализировать динамику физиологических параметров на различных этапах сессии.
4. Провести сравнительный анализ динамики физиологических показателей на разных стадиях экспериментальной сессии у участников двух групп.

2 Методы

2.1 Участники

В эксперименте приняли участие 14 человек в возрасте от 20 до 60 лет, имеющих опыт прохождения психотерапевтических сессий по методике GSR не менее одного и не более восьми раз. Все участники были распределены на две экспериментальные группы (7 человек в группе):

Группа 1 - участники проходили онлайн сессии (одну с озвучиванием, другую - без озвучивания) по методике GSR в режиме реального времени.

Группа 2 - участники просматривали видеозапись ранее проведённых терапевтических сессий (одну с озвучиванием, другую - без) участнику другой группы (1).

К участию в исследовании были приглашены клиенты ООО «ГСП Систем», соответствующие установленным критериям включения (возраст от 20 до 60 лет, опыт прохождения не менее 1 и не более 6 сессий по методике GSR). В качестве компенсации за участие все испытуемые получили возможность бесплатного прохождения двух психотерапевтических сессий по методике GSR (с озвучиванием и без озвучивания). Участникам группы 2 (просматривающим видеозапись) прохождение онлайн-сессии предоставлялось после завершения всех экспериментальных процедур.

Перед началом эксперимента все участники подписывали информированное согласие на участие в исследовании. В тексте информированного согласия были подробно изложены цели исследования, предстоящие процедуры, возможные риски, а также права участников, включая возможность прекратить участие на любом этапе без объяснения причин и без каких-либо негативных последствий. Участие в исследовании было полностью добровольным.

*Просмотреть метаданные в формате *xlsx*, включающие информацию о поле, возрасте участников, опыте прохождения GSR сессии, дате и времени регистрации физиологических данных, можно по ссылке в облачном сервисе Yandex Disk: <https://disk.yandex.ru/i/YXq7ZMtYJ7hG-Q>.*

2.2 Интервенция

Экспериментальная сессия проходила по следующему протоколу:

В начале процедуры участники подписывали информированное согласие, в котором разъяснялись цели исследования, описание всех этапов эксперимента, возможные риски и права участников, также участники подписывали согласие на обработку персональных данных (См. Приложение 1). Далее проводилась диагностическая онлайн-сессия со

специалистом GSR, целью которой было уточнение психоэмоционального состояния участников и сбор дополнительной информации для индивидуализации последующих этапов. Затем участники заполняли психологические опросники - шкалу позитивного и негативного аффекта (PANAS) (Crawford & Henry, 2004) и шкалу тревоги Спилбергера Ханина (STAI) (Spielberger, 2010) (См. Приложение 2).

После завершения анкетирования осуществлялась установка физиологических датчиков для регистрации электроэнцефалограммы (ЭЭГ), фотоплетизмографии (ФПГ), кожно-гальванической реакции (КГР), электромиографии (ЭМГ) и респираторной активности. Проводилась калибровка окулографа для последующего отслеживания движений глаз.

Физиологические показатели регистрировались на следующих этапах экспериментальной сессии:

- состояние покоя с закрытыми глазами (2 минуты)
- состояние покоя с открытыми глазами (2 минуты),
- состояние покоя с открытыми глазами в присутствии специалиста GSR на экране, перемещающегося в зоне видимости (2 минуты),
- проведение психотерапевтической сессии GSR с озвучиванием (длительность определялась индивидуально специалистом),
- стадия принятия результата сессии с озвучиванием
- проведение психотерапевтической сессии GSR без озвучивания (длительность определялась индивидуально специалистом)
- стадия принятия результата сессии без озвучивания
- повторная регистрация состояния покоя с закрытыми глазами (2 минуты),
- повторная регистрация состояния покоя с открытыми глазами (2 минуты).

После этого участники повторно заполняли психологические опросники - шкалу позитивного и негативного аффекта (PANAS) и шкалу тревоги Спилбергера Ханина (STAI).

Такой протокол позволил зафиксировать базовые физиологические показатели до и после воздействия, а также детально отслеживать динамику физиологических изменений в процессе психотерапевтической работы.

Процедура для каждого участника занимала около 1,5–2 часа.

2.3 Оборудование

Запись данных осуществлялась с использованием многоканального усилителя NVX52 (Медицинские компьютерные системы, Зеленоград). Данное устройство предназначено для одновременной регистрации различных физиологических сигналов, включая:

- электроэнцефалограмму (ЭЭГ),
- фотоплетизмограмму (ФПГ),
- кожно-гальваническую реакцию (КГР),
- респираторную активность,
- электромиограмму (ЭМГ).

Запись данных велась в стандартном формате .edf (European Data Format), обеспечивающем удобство последующей обработки и анализа. Частота дискретизации для регистрации физиологических сигналов, составляла 1000 Гц, что позволило сохранить высокую точность временных характеристик сигналов.

Дополнительно для регистрации движений глаз применялся окулограф GP3HD V2 (Gaze Point, Канада), обеспечивающий высокоточное отслеживание направления взгляда и фиксации.

Просмотреть записанные данные в edf формате, можно по ссылке в облачном сервисе Yandex Disk: https://disk.yandex.ru/d/13jWD5ssK_XjHQ.

2.4 Предобработка данных

2.4.1 Электроэнцефалография (ЭЭГ).

Перед расчётом спектральных характеристик электроэнцефалографических данных была проведена комплексная предобработка сигналов, направленная на повышение их качества и устранение артефактов. Для всех записей применялась стандартная схема 10–20. Для коррекции артефактов, связанных с движением глаз, мышечной активностью и другими источниками шума, применялся метод независимого компонентного анализа (ICA) (Urrestarazu & Iriarte, 2005). ICA выполнялась с использованием алгоритма Infomax. После компоненты визуально проверялись, и артефактные компоненты (например, миографические шумы или блики от движений глаз) исключались из сигнала. Просмотреть

записанные данные в edf формате после преобработки, можно по ссылке в облачном сервисе Yandex Disk: <https://disk.yandex.ru/d/0HxAmbYXzj5UVQ>.

Для анализа ЭЭГ сигналов использовалась библиотека MNE-Python. На первом этапе для каждого участника проводилось разметка данных на девять ключевых сегментов, соответствующих различным этапам экспериментальной сессии. Сегментация производилась на основе аннотаций "START" и "STOP" в файлах записи. Для каждого сегмента фиксировались время начала, время окончания и длительность.

Для оценки спектральных характеристик ЭЭГ использовался метод оценки плотности спектральной мощности (Welch's method). Расчеты проводились в диапазоне частот от 1 до 50 Гц, с использованием параметров окна Фурье-преобразования.

Для каждого сегмента отдельно рассчитывались средние мощности сигналов в следующих стандартных частотных диапазонах:

- Delta (1–4 Гц),
- Theta (4–8 Гц),
- Alpha (8–13 Гц),
- Beta (13–30 Гц),
- Gamma (30–45 Гц).

Расчет мощности осуществлялся отдельно для каждого канала ЭЭГ. Итоговые данные сохранялись в виде объединенной таблицы, содержащей информацию о мощности ЭЭГ в каждом диапазоне частот для всех зарегистрированных каналов и всех выделенных сегментов. *Просмотреть данные в xlsx формате, можно по ссылке в облачном сервисе Yandex Disk: https://disk.yandex.ru/i/6o8twRt5_bMxpQ.*

2.4.2 Фотоплетизмография

Для анализа ФПГ-сигналов использовалась библиотека NeuroKit2 (Makowski et al., 2021). Обработка данных проводилась на основе записей, полученных в ходе экспериментальных сессий и сохранённых в формате .edf.

Для данных применялся фильтр с диапазоном 5–70 Гц, что позволяло устранить низкочастотные колебания и высокочастотный шум, не относящийся к физиологическим компонентам сигнала. Затем вычислялась z-нормировка сигнала, и значения, отклоняющиеся более чем на 5 стандартных отклонений считались выбросами, эти пропущенные значения интерполировались и сглаживались медианным фильтром. Сигнал разбивался на участки, соответствующие заранее размеченным этапам экспериментальной

сессии. Для валидных сегментов проводилась детекция пульсовых пиков, далее извлекались интервально-зависимые метрики с использованием функции `nk.ppg_intervalrelated()`. Полученные метрики объединялись с данными по сегментам (время начала, длительность, тип сегмента) и записывались в итоговую таблицу. *Посмотреть данные в xlsx формате, можно по ссылке в облачном сервисе Yandex Disk: <https://disk.yandex.ru/i/lKdMsBp0qtvYMA>.*

2.4.3 Респирометрия

Анализ респираторной активности проводился с использованием библиотеки NeuroKit2. Применялся фильтр с диапазоном 0.05–1.5 Гц, соответствующий типичной частоте дыхания (3–18 циклов в минуту). Амплитудные выбросы выше 0.1 условных единиц считались артефактами и заменялись пропущенными значениями, после чего применялась интерполяция. Далее сигнал разбивался на временные отрезки согласно аннотациям, отражающим этапы сессии. Для каждого сегмента проводилась очистка сигнала и его разметка с помощью функции `nk.rsp_process()`. Для валидных сегментов с достаточным числом дыхательных циклов рассчитывались интервально-зависимые характеристики дыхания. Результаты были объединены с данными сегментации (время начала, продолжительность, название этапа) и сведены в финальную таблицу. *Посмотреть данные в xlsx формате, можно по ссылке в облачном сервисе Yandex Disk: <https://disk.yandex.ru/i/RtmVSZFlllkzjg>.*

2.4.4 Кожно-гальваническая реакция (КГР)

Анализ кожно-гальванической реакции проводился с использованием библиотеки NeuroKit2. Сигнал разбивался на участки в соответствии с временными метками, отражающими этапы психотерапевтической сессии. После удаления выбросов сигнал интерполировался по временной шкале, а затем сглаживался медианным фильтром с окном 15 точек, что обеспечивало подавление шумов и стабильность извлекаемых метрик. Для каждого валидного сегмента применялась функция `nk.eda_process()` - комплексный алгоритм, который включает автоматическое сглаживание, выделение тонусной и фазической составляющих, а также детекцию пиков кожно-гальванических реакций. Для повышения сопоставимости между сегментами метрики нормировались по длительности сегмента - все количественные показатели пересчитывались в значение на одну минуту записи. Результаты были объединены с данными сегментации (время начала, продолжительность, название этапа) и сведены в финальную таблицу. *Посмотреть данные в xlsx формате, можно по ссылке в облачном сервисе Yandex Disk: <https://disk.yandex.ru/i/9WglqspCTI68-w>.*

2.4.5 Электромиография (ЭМГ)

Из многоканальной записи отбирались только два канала, относящиеся к миографическим датчикам (датчики крепились над левой бровью, и на области правой щеки). Для подавления низкочастотных компонент (например, движений и сдвигов базовой линии) применялся высокочастотный фильтр с нижней границей 10 Гц. После вычитания среднего значения выполнялось обнаружение артефактных участков на основе превышения порогового значения, определяемого как медианное значение + 5 стандартных отклонений. Выбросы заменялись медианным значением по всему сигналу. Очищенный выпрямленный сигнал сглаживался с помощью низкочастотного фильтра (ниже 20 Гц) для построения огибающей сигнала, отражающей динамику мышечной активности. Результаты были объединены с данными сегментации (время начала, продолжительность, название этапа) и сведены в финальную таблицу. *Просмотреть данные в xlsx формате, можно по ссылке в облачном сервисе Yandex Disk: <https://disk.yandex.ru/i/hAVgZN8clDKY-g>.*

2.4.6 Окулография

Для оценки качества и характера поведения взгляда участников в различных стадиях сессии были рассчитаны следующие метрики на основе данных айтрекера Gazepoint:

Процент валидных точек по глазам (`valid_eye_pct`). Показатель отражает долю записей, в которых оба глаза участника успешно отслеживались айтрекером.

$$\text{valid_eye_pct} = (\text{число точек с LPV} = 1 \text{ и RPV} = 1) / (\text{общее число точек в сегменте})$$

Процент точек в пределах экрана (`in_screen_pct`). Индикатор показывает, насколько стабильно взгляд участника оставался в пределах экрана. Расчет производился по координатам фиксаций `FPOGX` и `FPOGY`, нормализованным в диапазоне $[0,1]$.

$$\text{in_screen_pct} = (\text{число точек с } 0 \leq \text{FPOGX} \leq 1 \text{ и } 0 \leq \text{FPOGY} \leq 1) / (\text{общее число точек в сегменте})$$

Средняя длительность фиксаций (`mean_fixation_dur`). Вычисляется как среднее значение длительности фиксаций (`FPOGD`, в миллисекундах) среди валидных точек (`FPOGV = 1`). Стандартное отклонение длительности фиксаций (`std_fixation_dur`). Отражает вариативность длительности фиксаций, что позволяет судить о стабильности стратегии визуального восприятия. Средняя длина саккад (`mean_saccade_mag`). Данный параметр оценивает амплитуду движений взгляда между фиксациями и рассчитывается как среднее значение по столбцу `SACCADE_MAG` для валидных точек. Средние координаты фиксации (`mean_FPOGX`, `mean_FPOGY`). Эти метрики показывают среднее положение взгляда по

горизонтали и вертикали в нормализованных координатах (0 — край экрана, 0.5 — центр, 1 — противоположный край). Используются для анализа распределения внимания на экране.

Результаты были объединены с данными сегментации (время начала, продолжительность, название этапа) и сведены в финальную таблицу. *Посмотреть данные в xlsx формате, можно по ссылке в облачном сервисе Yandex Disk: <https://disk.yandex.ru/i/FKbiQz4pJhJCjg>.*

2.4.7 Психологические опросники

Посмотреть данные результатов психологических опросников PANAS и STAI в xlsx формате, можно по ссылке в облачном сервисе Yandex Disk: <https://disk.yandex.ru/d/nwiZGUATHk2HLA>.

2.5 Статистический анализ данных

По каждому физиологическому сигналу были рассчитаны ключевые количественные показатели, отражающие состояние участников. Извлеченные метрики усреднялись по выделенным временным сегментам и, при необходимости, по функциональным зонам интереса (для ЭЭГ).

Основным методом статистического анализа служила двухфакторная дисперсионная ANOVA с повторными измерениями по фактору сегмент и межгрупповому фактору группа (GSR / плацебо). Для каждой метрики анализировались основные эффекты факторов и их взаимодействие (group \times segment).

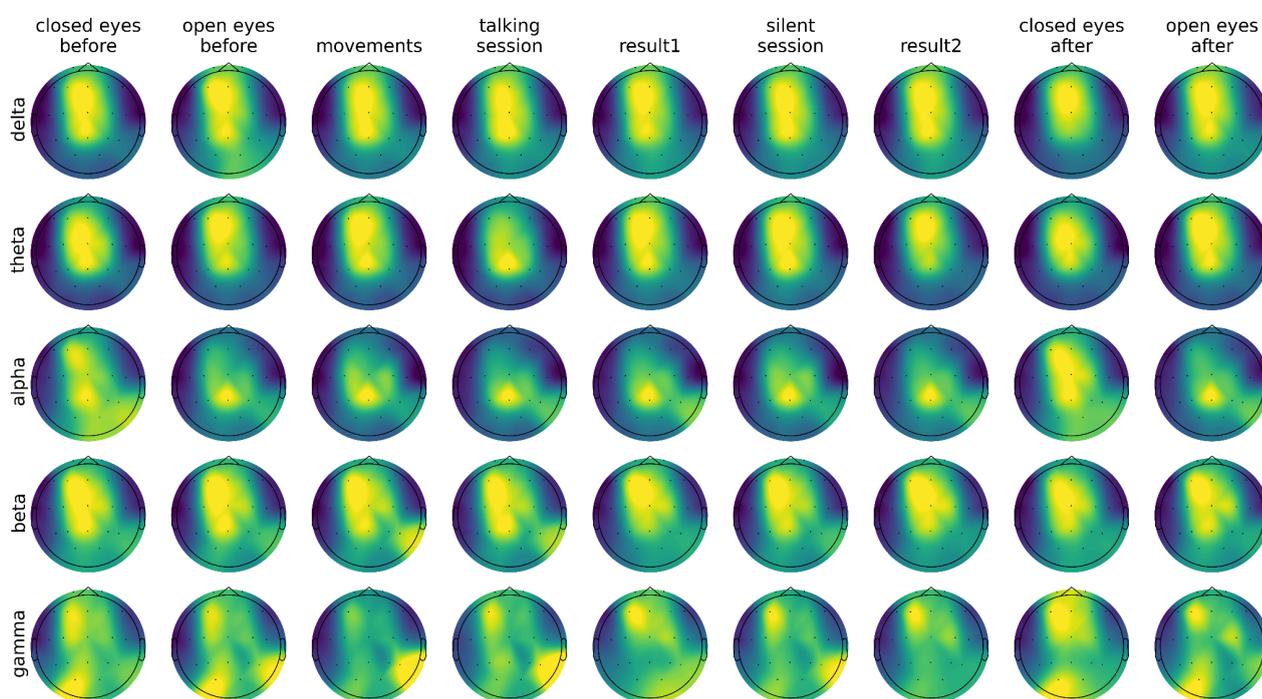
В случае выявления статистически значимого взаимодействия проводился пост-хок анализ (Tukey HSD или парные t-тесты) между ключевыми этапами внутри групп, что позволяло локализовать моменты выраженных изменений.

Для шкал PANAS и STAI применялись аналогичные модели с факторами время (до / после) и группа, а также проводилось сравнение изменений между группами.

3 Результаты

3.1 Электроэнцефалография (ЭЭГ)

Для оценки пространственного распределения активности в различных частотных диапазонах ЭЭГ были построены топографические карты мощности по каждому этапу психотерапевтической сессии и каждой из двух групп. Расчёт спектральной мощности проводился для стандартных диапазонов: дельта (1–4 Гц), тета (4–8 Гц), альфа (8–13 Гц), бета (13–30 Гц) и гамма (30–45 Гц). На рисунке 1 представлены топографические карты распределения мощности ЭЭГ по всем диапазонам частот отдельно для каждой из групп. На рисунке 2 показана разность между картами групп, отражающая различия в распределении мощности ЭЭГ между условиями.



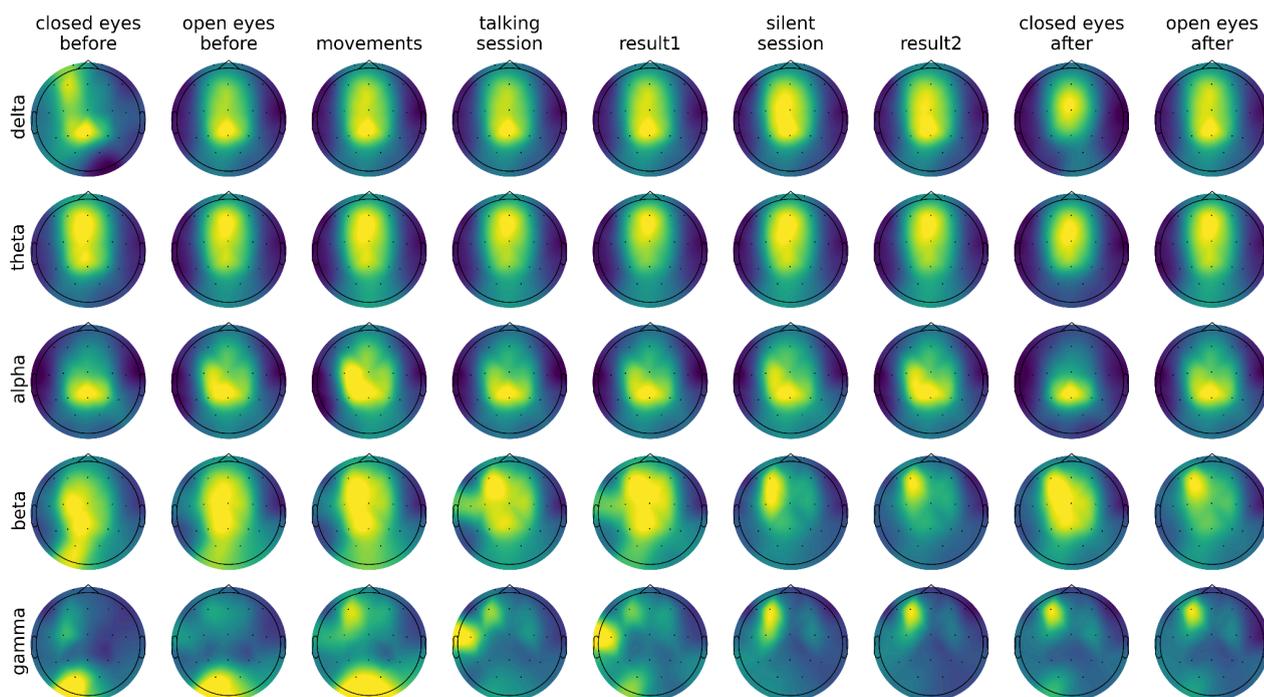


Рисунок 1 – Топографические карты распределения мощности ЭЭГ в различных частотных диапазонах по этапам психотерапевтической сессии. Верхний блок - участники группы 1 (GSR, онлайн-сессия), нижний блок - участники группы 2 (placebo, просмотр видеозаписи).

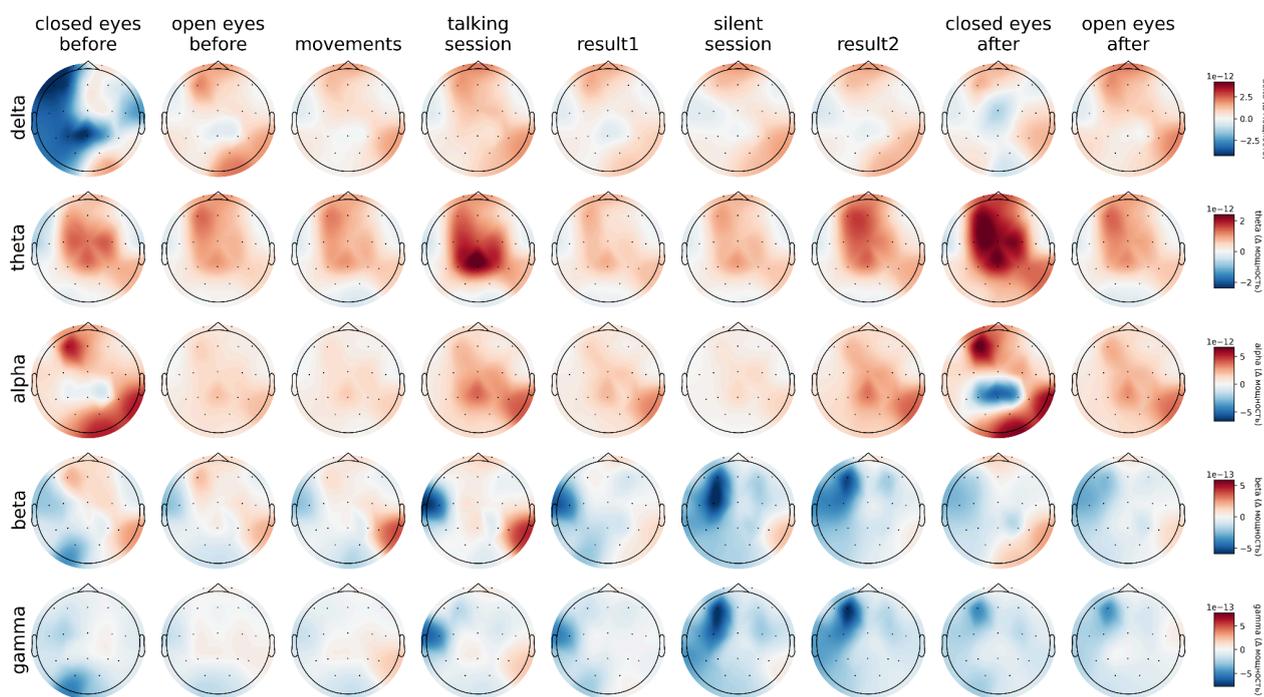


Рисунок 2 – Разность топографических карт мощности ЭЭГ между группой 1 (GSR, онлайн-сессия) и группой 2 (placebo, просмотр видеозаписи) в различных частотных диапазонах по этапам психотерапевтической сессии. Отрицательные значения (синие участки) отражают большую мощность в группе placebo, положительные значения (красные участки) — большую мощность в группе GSR.

Для количественного сравнения мощности ЭЭГ-сигнала между двумя группами был проведен факторный дисперсионный анализ для повторных измерений (repeated measures ANOVA) с учетом межгруппового фактора (тип группы: placebo vs GSR) и внутригруппового фактора.

Предварительно отведения ЭЭГ были сгруппированы в три региональные зоны, каждая из которых включала 5–7 электродов:

- фронтальная зона (Fp1, Fp2, F7, F3, Fz, F4, F8),
- центральная зона (T3, C3, Cz, C4, T4),
- теменно-затылочная зона (T5, P3, Pz, P4, T6, O1, O2).

Средние значения мощности ЭЭГ рассчитывались для каждого частотного диапазона по всем отведениям, входящим в соответствующую группу. Затем проводился дисперсионный анализ с повторными измерениями, включающий фактор группа (GSR/контроль) и этап (9 временных сегментов). Статистически значимые отличия были получены для мощности тета-ритма во фронтальной области и мощности гамма-ритма в центральной области.

3.1.1 Фронтальный тета-ритм

Было показано взаимодействие факторов "этап × группа" для мощности тета ритма во фронтальной области $F(8, 96) = 2.2850$, $p = 0.02767$ (Рисунок 3). Пост-хок анализ выявил у участников GSR группы достоверное повышение мощности тета-ритма во фронтальной области на этапе покоя с закрытыми глазами после сессии по сравнению со всеми остальными стадиями.

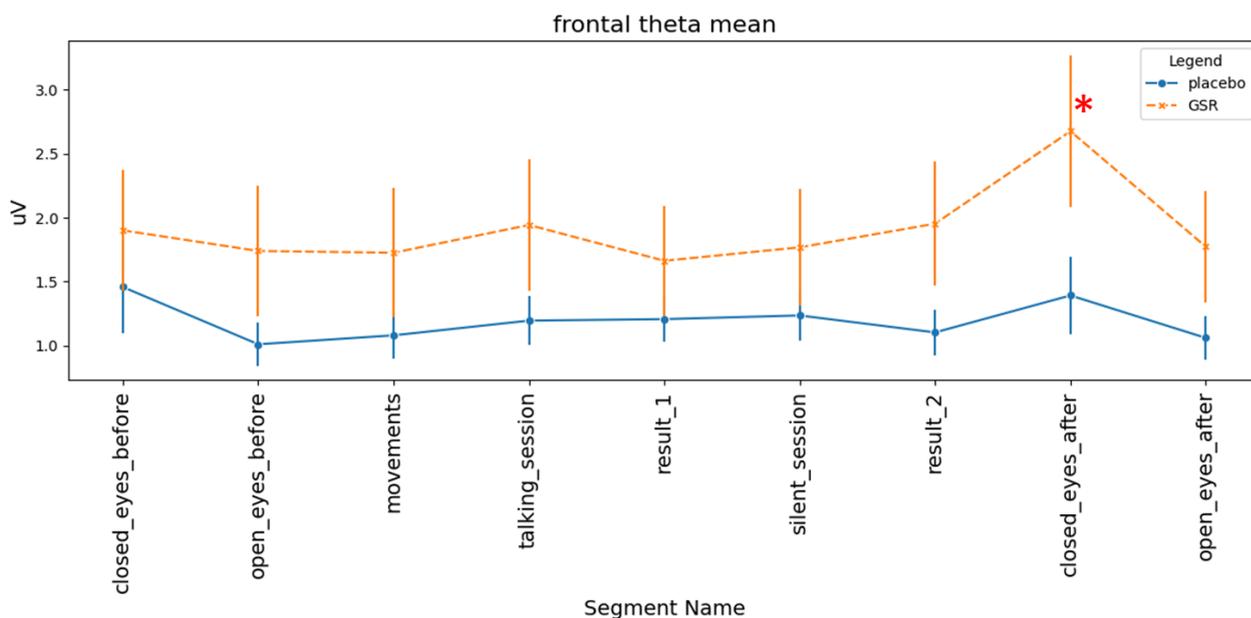


Рисунок 3 – Среднее значение тета-активности (4–8 Гц) во фронтальной области по этапам сессии для экспериментальной (GSR) и контрольной (placebo) групп. Оранжевая пунктирная линия отражает экспериментальную группу (онлайн-сессия с GSR), синяя — контрольную (видеопросмотр).

3.1.2 Центральный гамма-ритм

ANOVA анализ для повторных измерений также выявил тенденцию к взаимодействию факторов "этап × группа" для мощности гамма ритма (30–45 Гц) в центральной области $F(8, 96) = 1.90, p = 0.068$ (Рисунок 4). Эффект наблюдался за счет повышения мощности гамма ритма на этапе сессии без озвучивания у участников плацебо-группы. Повышение было статистически значимым по сравнению с первыми тремя этапами сессии. У участников группы GSR подобного увеличения мощности в гамма-диапазоне не наблюдалось, и активность оставалась стабильной на протяжении всей сессии.

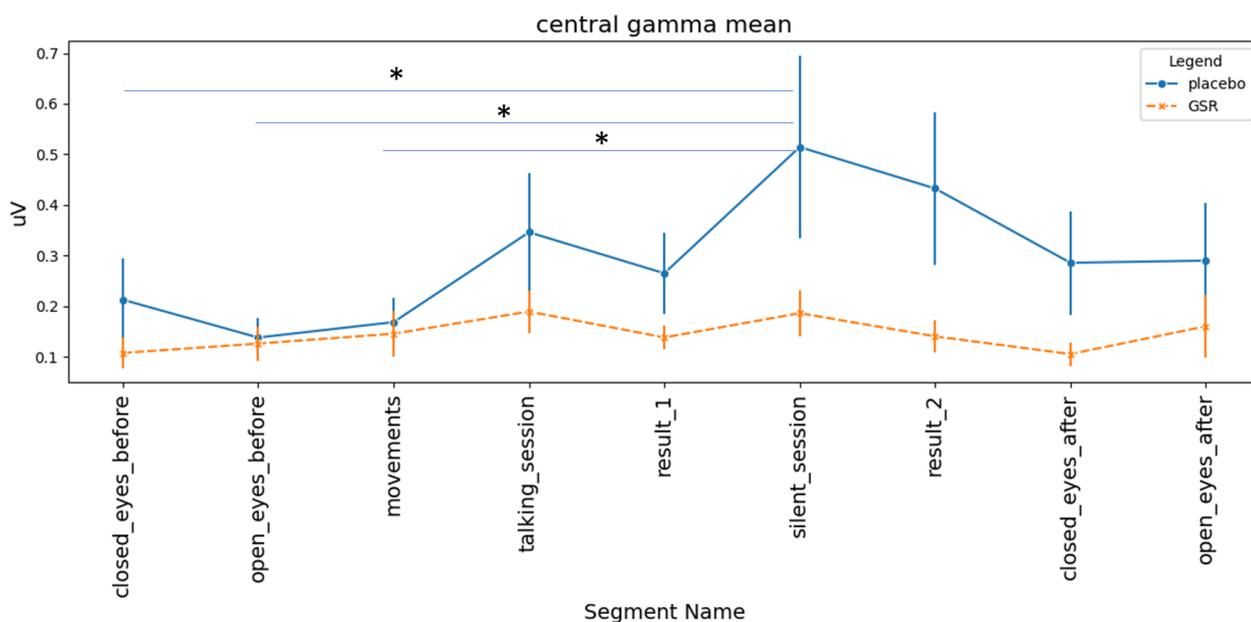


Рисунок 4 – Среднее значение гамма-активности (30–45 Гц) в центральной области по этапам сессии для экспериментальной (GSR) и контрольной (placebo) групп. Оранжевая пунктирная линия отражает экспериментальную группу (онлайн-сессия с GSR), синяя - контрольную (видеопросмотр).

При включении в анализ только двух этапов - этапа с озвучиванием (talking_session) и этапа без озвучивания (silent_session) было выявлено взаимодействие факторов "этап × группа" для мощности гамма-ритма в центральной и затылочно-теменной областях.

В центральной области (Рисунок 5) у участников контрольной группы выявлено статистически значимое увеличение гамма-активности на этапе без озвучивания по сравнению с этапом с озвучиванием (взаимодействие факторов: $F(1, 12) = 5.41$, $p = 0.038$, разница между стадиями в плацебо группе: $p = 0.03$). Аналогичный эффект наблюдался в теменно-затылочной области (Рисунок 6), где также зафиксировано достоверное повышение мощности гамма-ритма в контрольной группе в на этапе без озвучивания (взаимодействие факторов: $F(1, 12) = 10.97$, $p = 0.006$, разница между стадиями в плацебо группе: $p = 0.005$). В экспериментальной группе (GSR) соответствующие изменения гамма-активности не были статистически значимыми.

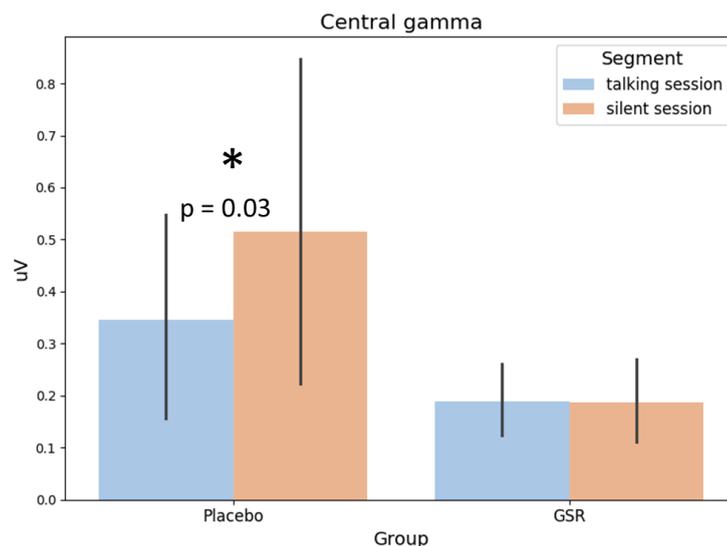


Рисунок 5 – Мощность гамма-ритма центральной области на этапах с озвучиванием (голубой столбик) и без озвучивания (оранжевый столбик) для групп плацебо (слева) и GSR (справа). В контрольной группе (Placebo) наблюдается достоверное увеличение мощности на этапе silent_session ($p = 0.03$).

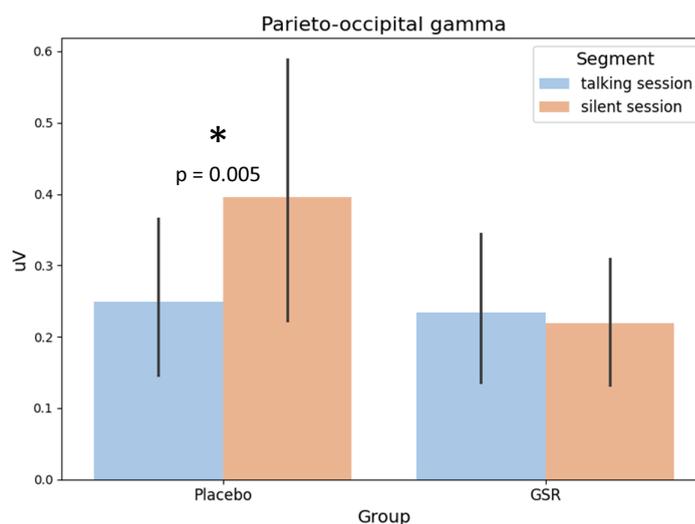


Рисунок 6 – Мощность гамма-ритма затылочно-теменной области на этапах с озвучиванием (голубой столбик) и без озвучивания (оранжевый столбик) для групп плацебо (слева) и GSR (справа). В контрольной группе (Placebo) наблюдается достоверное увеличение мощности на этапе silent_session ($p = 0.005$).

3.2 Фотоплетизмография

3.2.1 Частота сердечных сокращений

Сравнительный анализ динамики ЧСС (частоты сердечных сокращений) в ходе экспериментальной сессии не выявил различий между двумя группами. В обеих группах наблюдалось постепенное повышение ЧСС (Рисунок 7).

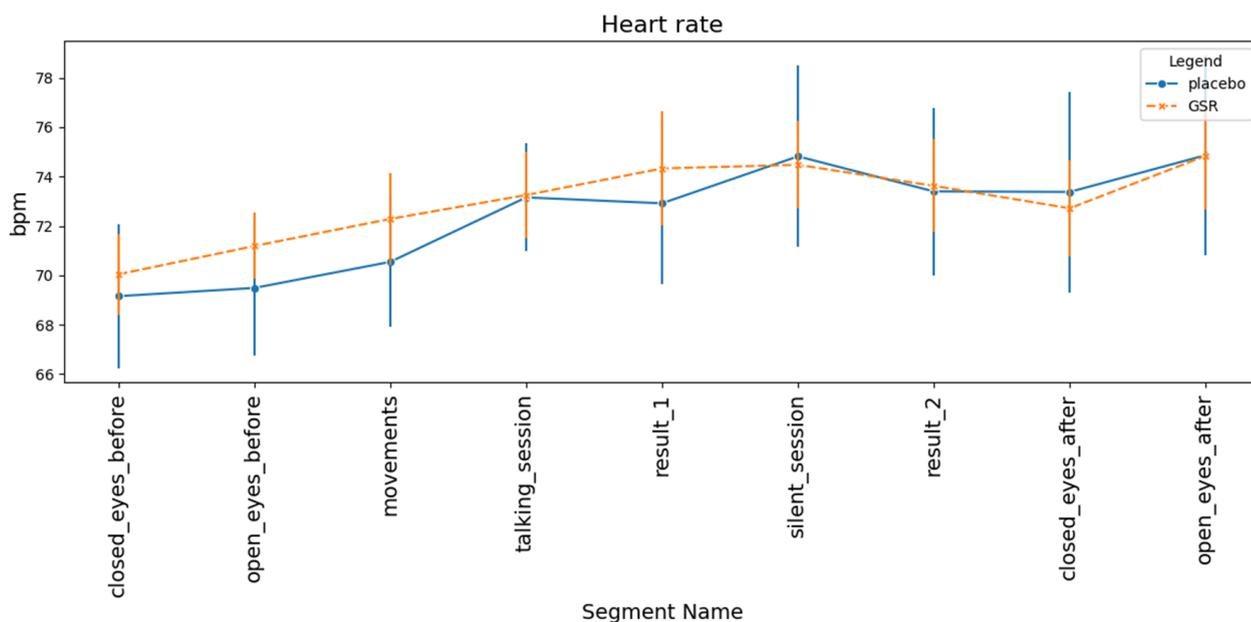


Рисунок 7 – Динамика частоты сердечных сокращений (ЧСС) по этапам психотерапевтической сессии в группах GSR (оранжевая пунктирная линия) и placebo (синяя линия).

3.2.2 Вариабельность сердечного ритма

При анализе вариабельности сердечного ритма у всех участников не наблюдается различия в динамике между группами. Однако, более детальном анализе у двух человек в контрольной группе наблюдаются “вылетающие” значения. После исключения из анализа этих двух человек было выявлено достоверное взаимодействие факторов “этап × группа” для SDNN (standard deviation of NN intervals) ($F(8, 80)=2,149, p=,04$) - этот параметр является одним из наиболее широко используемых индикаторов общей вариабельности сердечного ритма, отражающим баланс между симпатической и парасимпатической регуляцией. Повышение SDNN наблюдается при смещении баланса в сторону активности парасимпатической нервной системы. В группе GSR наблюдается повышение показателя после окончания сессии. Статистической значимости достигает различие между состоянием покоя с открытыми глазами после сессии и этапами покоя с открытыми глазами до сессии и этапом наблюдения за специалистом до начала сессии.

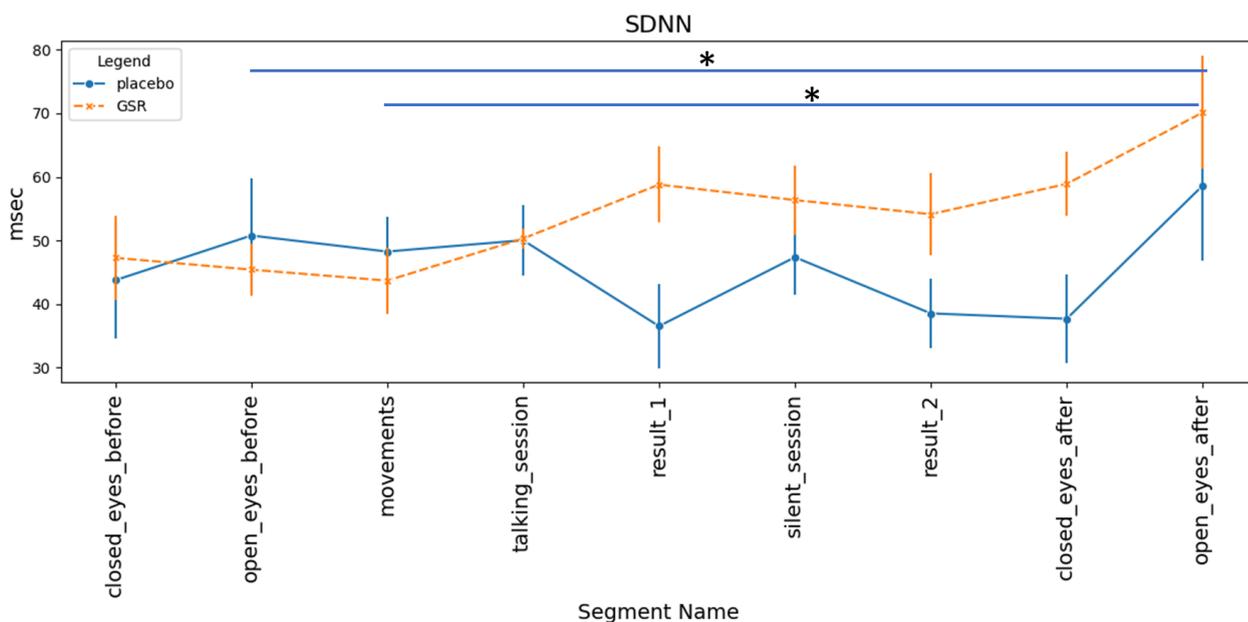


Рисунок 8 – Динамика SDNN по этапам психотерапевтической сессии в группах GSR (оранжевая пунктирная линия) и placebo (синяя линия).

3.3 Респиromетрия

Для анализа динамики дыхания в ходе психотерапевтической сессии была рассчитана частота дыхания (число дыханий в минуту) на каждом из девяти этапов, отдельно для участников группы GSR и контрольной группы. Результаты дисперсионного анализа с повторными измерениями выявили статистически значимое взаимодействие факторов "группа × этап": $F(8, 96) = 2.5367$, $p = 0.015$ для частоты дыхания. В экспериментальной группе (GSR) наблюдалось постепенное снижение частоты дыхания после этапа с озвучиванием (Рисунок 9). Постхок анализ показал, что частота дыхания на этапе принятия результата второй сессии и на стадии покоя с закрытыми и открытыми глазами после сессии была достоверно ниже, чем на этапе с озвучиванием ($p = 0.014$, 0.037 , 0.026 соответственно), что может свидетельствовать об устойчивом физиологическом расслаблении, достигнутом в результате сессии.

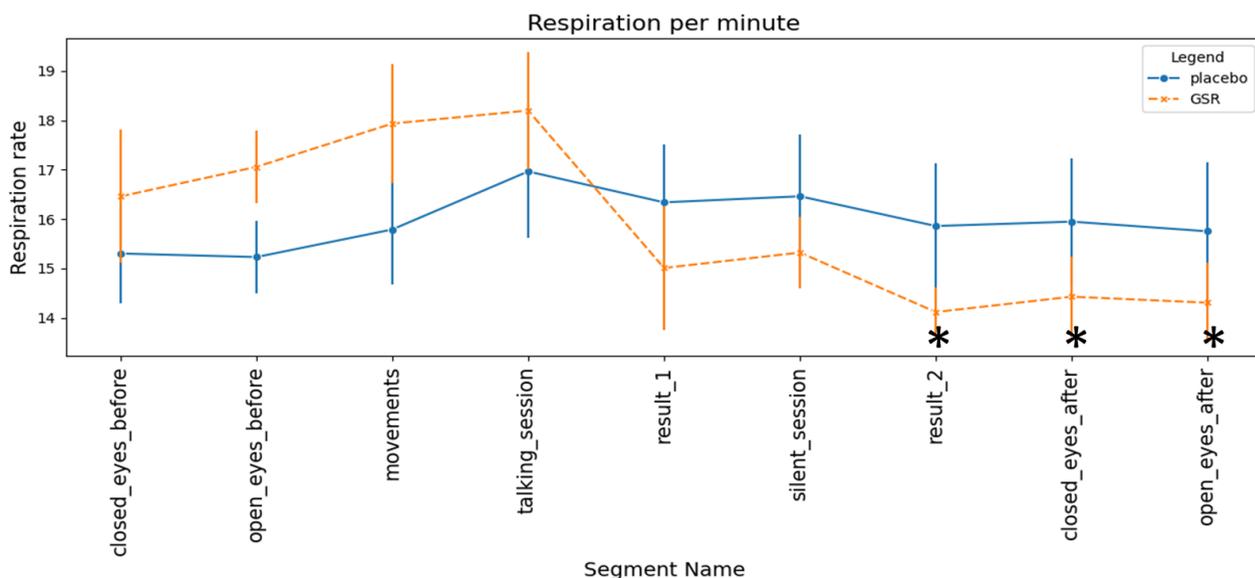


Рисунок 9 – Динамика частоты дыхания (вдохов в минуту) по этапам сессии в группах GSR (оранжевая пунктирная линия) и placebo (синяя сплошная линия).

Отдельно было проведено сравнение частоты дыхания на двух ключевых этапах сессии - на этапе с озвучиванием и этапе без озвучивания. Взаимодействие факторов "группа × этап" достигало уровня тенденции ($F(1,12) = 3.7321, p = 0.077$). Внутригрупповой анализ выявил достоверное снижение частоты дыхания в группе GSR в фазе silent_session по сравнению с talking_session ($p = 0.027$), см Рисунок 10. Это может свидетельствовать об активации парасимпатической регуляции и углублении расслабления в данной фазе у участников, прошедших терапевтическое взаимодействие.

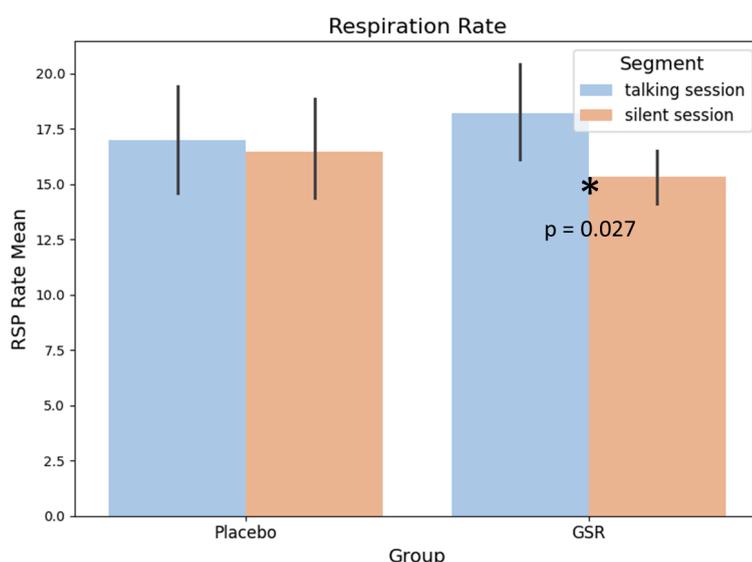


Рисунок 10 – Средняя частота дыхания (число вдохов в минуту) на этапах с озвучиванием (голубой столбик) и без озвучивания (оранжевый столбик) для групп плацебо (слева) и GSR

(справа). В экспериментальной группе GSR наблюдается статистически достоверное снижение частоты дыхания на этапе без озвучивания ($p = 0.027$).

3.4 Кожно-гальваническая реакция

Показатели кожно-гальванической реакции в процессе экспериментальной сессии не различались между группами.

3.5 Электромиография

3.5.1 Активность мышцы, сморщивающей бровь (Musculus corrugator supercilii)

Для оценки динамики мышечного напряжения в области лба использовалась электромиограмма мышцы, сморщивающей бровь. Данный показатель маркером концентрации, эмоционального напряжения, негативных эмоций. На Рисунке 11 представлены средние значения амплитуды ЭМГ-сигнала по этапам сессии для обеих групп. По результатам дисперсионного анализа взаимодействие факторов «группа × этап» было пороговым по статистической значимости ($F(8, 96) = 2.0056, p = 0.054$). В группе GSR наблюдалось повышение активности мышцы, сморщивающей лоб на этапе сессии с озвучиванием по сравнению с другими стадиями.

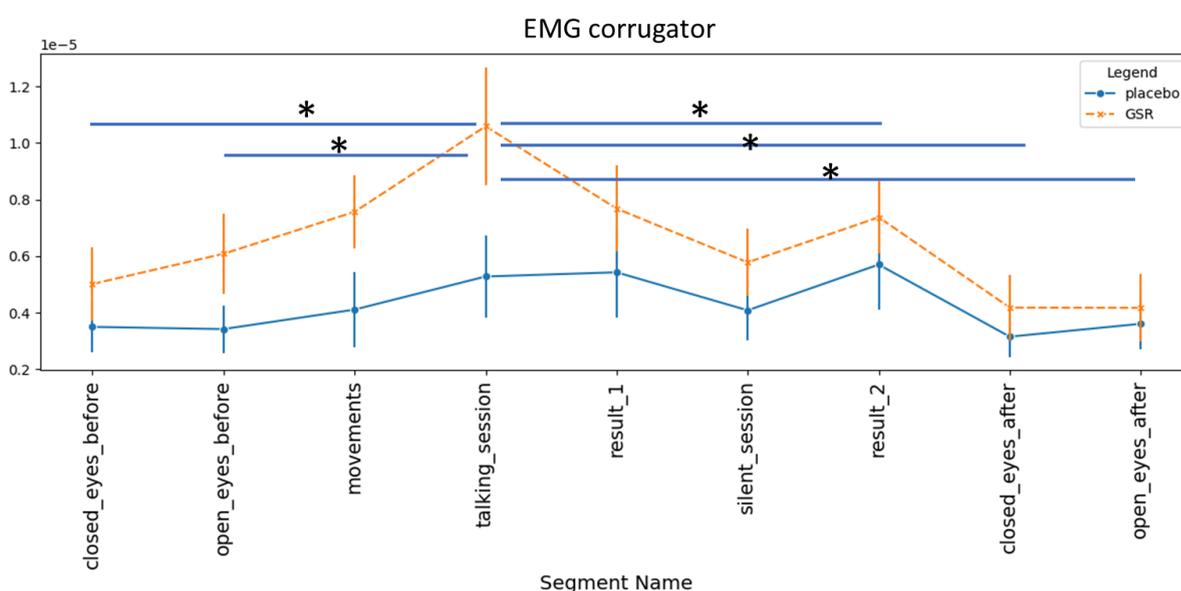


Рисунок 11 – Средняя амплитуда ЭМГ сигнала с мышцы, сморщивающей бровь (EMG corrugator), по этапам сессии в группах GSR и placebo.

При сравнительном анализе стадий с озвучиванием и без озвучиванием взаимодействие факторов группа и этап не достигало уровня статистической значимости ($F(1,12) = 2.70, p =$

0.126), однако внутригрупповой постхок-анализ показал достоверное снижение мышечной активности в группе GSR на этапе сессии без озвучивания по сравнению с активной фазой talking_session ($p = 0.041$), Рисунок 12. Эти результаты могут указывать на более выраженное мышечное расслабление у участников, прошедших реальную сессию по методике GSR, по сравнению с контрольной группой.

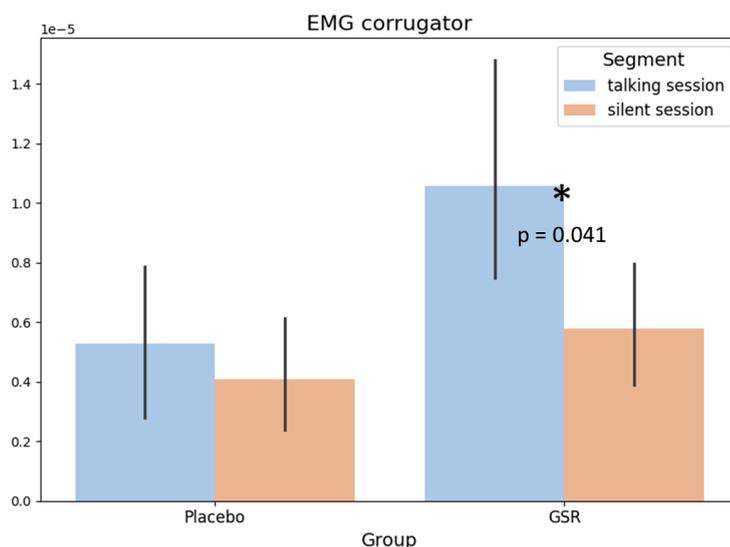


Рисунок 12 – Средняя амплитуда ЭМГ-сигнала мышцы, сморщивающей бровь, на этапах с озвучиванием (голубой столбик) и без озвучивания (оранжевый столбик) для групп плацебо (слева) и GSR (справа). В группе GSR отмечено статистически достоверное снижение мышечной активности на этапе без озвучивания ($p = 0.041$).

3.5.2 Активность большой скуловой мышцы (Musculus zygomaticus major)

Электромиографическая активность большой скуловой мышцы не различалась в двух группах (Рисунок 13).

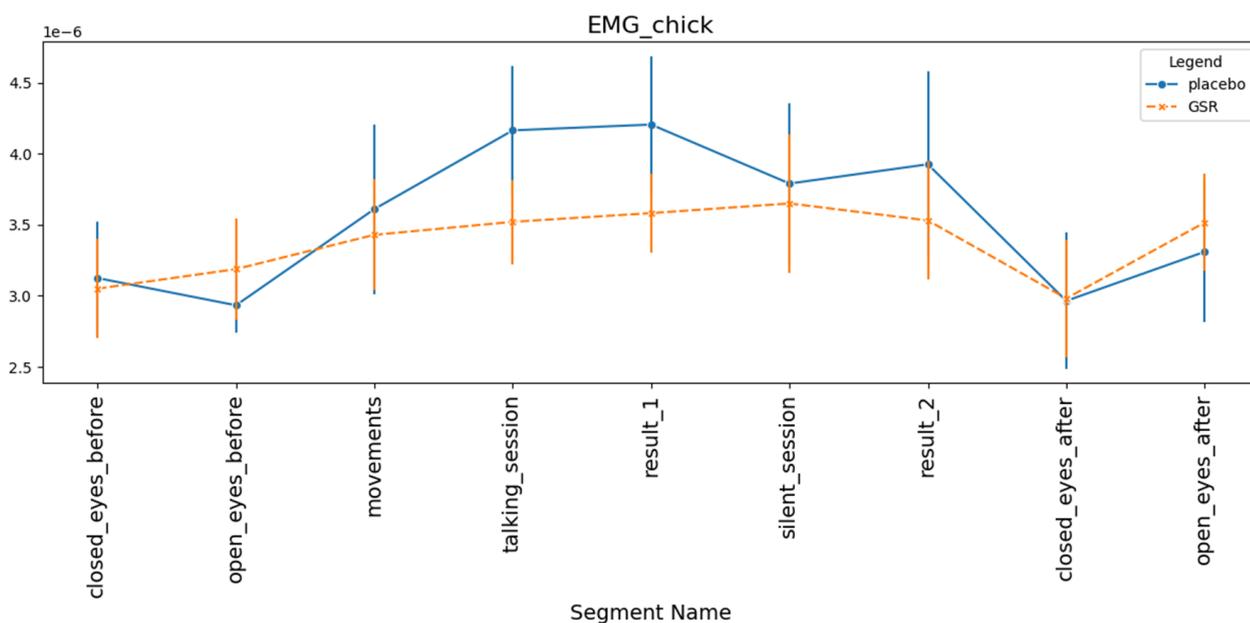


Рисунок 13 – Средняя амплитуда ЭМГ сигнала большой скуловой мышцы (*Musculus zygomaticus major*), по этапам сессии в группах GSR и placebo.

3.6 Окулография

Показатели движения глаз в процессе экспериментальной сессии не различались между группами.

3.7 Психологические опросники

Для оценки влияния GSR сессии на психоэмоциональное состояние участников, до и после сессии участники заполняли опросники на оценку позитивного и негативного аффекта (PANAS) (Рисунок 14) и опросник на уровень тревожности (STAI) (Рисунок 15). Ни в одной из групп не наблюдалось статистически значимых изменений баллов опросников.

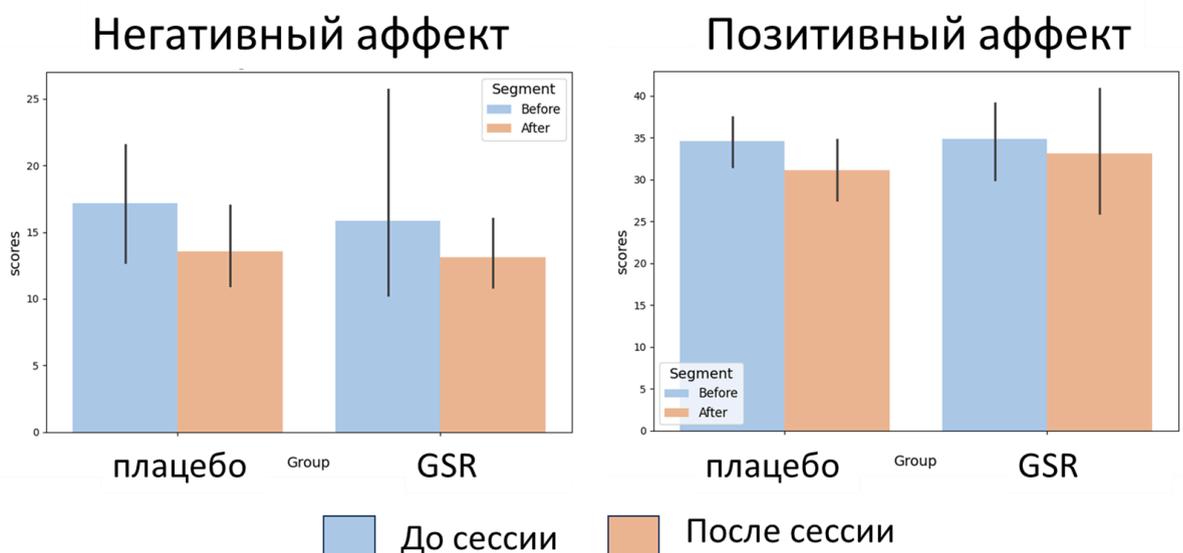


Рисунок 14 – Негативный и позитивный аффект по шкале PANAS до и после сессии в группах GSR и плацебо.

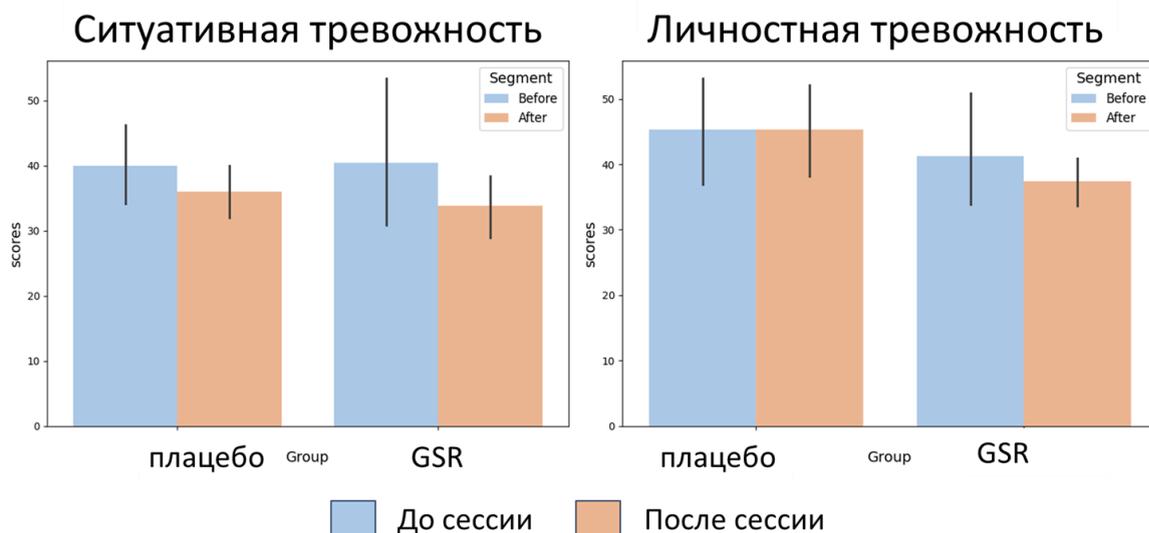


Рисунок 15 – Ситуативная и личностная тревожности STAI до и после сессии в группах GSR и плацебо.

После завершения сессии участники оценивали, получали ли они, по их субъективному мнению, реальную GSR-стимуляцию или просматривали запись. Анализ результатов опросов выявил одинаковую долю участников в обеих группах, считавших, что они получили реальное воздействие, что подтверждает адекватность плацебо-контроля.

ОБСУЖДЕНИЕ

Целью настоящего исследования был анализ динамики физиологических показателей участников в процессе прохождения психотерапевтической сессии по методике GSR. Важным требованием при этом являлось использование объективных мультимодальных данных (ЭЭГ, КГР, ФПГ, респирация, ЭМГ, окулография) в сочетании с психометрическими шкалами (PANAS, STAI) для комплексной оценки состояния человека. Для достижения поставленной задачи был реализован экспериментальный протокол с регистрацией физиологических сигналов на 9 стандартизированных этапах.

Для ряда физиологических параметров наблюдались статистически значимые различия между группами GSR и контрольной (placebo).

В группе GSR наблюдалось повышение мощности тета-ритма в фронтальной области в состоянии с закрытыми глазами после сессии. К аналогичному эффекту могут приводить практики медитации (практика осознанности) (Tang et al., 2019), (Hudak et al., 2021). Также выявлено, что тета-колебания в передней префронтальной коре облегчают контроль над автоматическим эмоциональным поведением, помогая людям подавлять привычные эмоциональные реакции в пользу более осознанных действий (Bramson et al., 2018). Повышение мощности тета ритма в префронтальной коре положительно коррелирует с успешностью стратегий регуляции эмоций (Ertl et al., 2013), особенно таких как когнитивная переоценка (Zouaoui et al., 2023). В некоторых исследованиях показано, что повышенная тета-активность в лобной доле может быть связана со снижением склонности к аддиктивному поведению (Garland et al., 2022) и улучшением эмоционального благополучия (Lomas et al., 2015). В нашем исследовании повышение тета-активности может быть вызвано как состоянием интроспекции (погружения в себя) и самоконтроля, так и с утомлением, вызванным эмоциональными переживаниями в процессе сессии. Важно отметить, что в группе плацебо не наблюдалось значимого повышения мощности тета-ритма после сессии. Вероятно, это свидетельствует о более выраженном эмоциональном и когнитивном вовлечении в процесс участников группы GSR.

Повышение тета-ритма в экспериментальной группе GSR наблюдалось исключительно в состоянии покоя с закрытыми глазами, непосредственно после завершения сессии. При этом этот эффект исчезал уже через две минуты, в условиях покоя с открытыми глазами. Полученные данные позволяют предположить, что изменение активности в тета-диапазоне могло быть связано либо с постстимульным состоянием релаксации/внутреннего внимания ,

которое усиливается при закрытии глаз и снижении внешней сенсорной нагрузки, либо с временным изменением функционального состояния мозга под влиянием GSR-воздействия.

Однако на основании имеющихся наблюдений невозможно однозначно определить, является ли это повышение следствием состояния с закрытыми глазами или же оно обусловлено временным эффектом воздействия GSR, который со временем ослабевает. Для разграничения этих факторов необходимы дополнительные исследования, включающие контрольные условия с разными временными точками измерения.

Дополнительно, в контрольной группе было зафиксировано повышение гамма-активности в центральной и теменно-затылочной зонах в процессе просмотра видеозаписи чужой GSR сессии без озвучивания. Такой рост может указывать на высокий уровень мышечной активации и возможное слабую вовлеченность в происходящее на экране. В частности, мышечные артефакты, возникающие из-за активности мышц, могут вносить значительный вклад в гамма-диапазон ЭЭГ, особенно в областях, расположенных над этими мышцами (Hipp & Siegel, 2013). Таким образом, такие мышечные артефакты могут маскировать или имитировать нейронную гамма-активность. В противоположность этому, в группе GSR гамма-активность оставалась стабильно низкой на протяжении всей сессии без озвучивания, что может указывать на меньшую двигательную активность и, возможно, более высокий уровень вовлеченности в происходящее на экране. Один из возможных механизмов этого эффекта заключается в том, что участники группы GSR уже прошли через предыдущую фазу сессии с озвучиванием, которая могла вызвать более глубокое эмоциональное вовлечение. Это создало более устойчивое состояние концентрации и внутреннего погружения, которое сохранялось и на последующих этапах, даже при отсутствии внешней звуковой стимуляции.

Кроме того, можно предположить, что более сильное когнитивное и эмоциональное вовлечение в процессе сессии с озвучиванием могло привести к повышенной утомляемости или, наоборот, к более выраженному «состоянию погружения», сопровождающемуся снижением фоновой двигательной активности. Такое состояние может проявляться как меньшая склонность к движениям, мимике или другим формам мышечной активности, что, соответственно, снижает уровень артефактов в гамма-диапазоне и может рассматриваться как маркер повышенной внимательности и внутренней вовлеченности в текущий визуальный стимул.

Таким образом, разница между группами в динамике гамма-активности может отражать различия в уровне эмоциональной и когнитивной вовлеченности, где группа GSR демонстрирует более стабильное внимание и меньшее отвлечение.

Предположение о более сильной вовлеченности участников группы GSR в процессе сессии с озвучиванием подтверждается данным о повышенной на данном этапе активности мышцы, сморщивающей бровь. Данная активность является маркером концентрации внимания, когнитивных усилий и/или негативных переживаний.

Данные, отражающие вегетативную регуляцию, также поддерживают гипотезу о более выраженном физиологическом расслаблении, наблюдающемся после сессии, у участников, проходивших реальную сессию GSR. Так, в экспериментальной группе наблюдалось увеличение показателя variability сердечного ритма SDNN (стандартное отклонение R-R интервалов, показатель отражает общую variability сердечного ритма), что интерпретируется как усиление вегетативной регуляции (Otzenberger et al., 1998). Максимальные значения SDNN фиксировались в завершающих фазах сессии, особенно в состоянии покоя с открытыми глазами после взаимодействия. Ранее было выявлено, что повышение SDNN в сеансах ритмического дыхания может быть связано со снижением стресса и улучшением эмоционального состояния (Edmonds et al., 2009). Анализ дыхательной активности показал достоверное снижение частоты дыхания в группе GSR после этапа активного вербального взаимодействия (сессии с озвучиванием). На последних этапах, начиная с принятия результата сессии без озвучивания, частота дыхания была статистически ниже по сравнению с начальными этапами, что также свидетельствует о достижении состояния расслабления. Анализ ключевых фаз показал, что уже на этапе сессии без озвучивания дыхание в группе GSR становилось значительно реже. В контрольной группе такого эффекта не наблюдалось. Анализ субъективных данных по шкалам PANAS и STAI показал общую тенденцию к снижению негативного и тревожного аффекта после сессии, хотя статистически значимых различий между группами выявлено не было.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, полученные данные в целом свидетельствуют о том, что реальная сессия GSR с озвучиванием вызывает более выраженное когнитивное и эмоциональное вовлечение по сравнению с условием плацебо (пассивным просмотром чужой сессии), что подтверждается различиями в динамике физиологических показателей между группами.

В частности, в группе GSR наблюдалось повышение мощности тета-ритма ЭЭГ во фронтальной области в состоянии с закрытыми глазами после сессии. К аналогичному эффекту могут приводить практики медитации (практика осознанности). Также ранее было показано, что тета-колебания в передней префронтальной коре облегчают контроль над автоматическим эмоциональным поведением, помогая людям подавлять привычные эмоциональные реакции в пользу более осознанных действий. Повышение мощности тета ритма в префронтальной коре положительно коррелирует с успешностью стратегий регуляции эмоций, особенно таких как когнитивная переоценка. В некоторых исследованиях показано, что повышенная тета-активность в лобной доле может быть связана со снижением склонности к аддиктивному поведению и улучшением эмоционального благополучия. Такое повышение может быть вызвано как состоянием интроспекции (погружения в себя) и самоконтроля, так и утомлением, вызванным эмоциональными переживаниями в процессе сессии. Данные, отражающие активность вегетативной нервной системы, такие как снижение частоты дыхания и повышение вариабельности сердечного ритма, свидетельствуют о выраженном физиологическом расслаблении после сессии у участников, проходивших реальную сессию GSR, в отличие от плацебо-группы.

Эти различия указывают на то, что метод GSR, включающий вербальное описание состояний участника, способен эффективно активировать самореферентные и регуляторные процессы, что делает его потенциально полезным инструментом в психотерапевтической практике.

Вместе с тем, в сессии без озвучивания признаки активного вовлечения у участников не проявлялись. Единственным отличием от плацебо группы на этапе без озвучивания было меньшее количество признаков отвлеченности у группы GSR. Однако из текущего дизайна исследования невозможно однозначно определить, связано ли это с более высоким уровнем вовлеченности непосредственно в фазу без озвучивания или является отложенным эффектом от предыдущей сессии с озвучиванием. Для более точного понимания этих процессов необходимы дальнейшие исследования с контролем порядка условий и увеличением временного интервала между сессиями.

Важно учитывать, что выводы основаны на результатах пилотного исследования, проведенного на маленькой выборке. Статистический анализ не включал в себя коррекцию на множественные сравнения на этапе анализа показателей ЭЭГ-активности. Статистически значимый результат, касающийся изменения вариабельности сердечного ритма получен после исключения из анализа данных двух человек.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Bramson, B., Jensen, O., Toni, I., & Roelofs, K. (2018). Cortical oscillatory mechanisms supporting the control of human social-emotional actions. *The Journal of Neuroscience: The Official Journal of the Society for Neuroscience*, 38(25), 5739–5749. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.3382-17.2018>
2. Crawford, J. R., & Henry, J. D. (2004). The positive and negative affect schedule (PANAS): construct validity, measurement properties and normative data in a large non-clinical sample. *The British Journal of Clinical Psychology*, 43(Pt 3), 245–265. <https://doi.org/10.1348/0144665031752934>
3. Deits-Lebehn, C., Baucom, K. J. W., Crenshaw, A. O., Smith, T. W., & Baucom, B. R. W. (2020). Incorporating physiology into the study of psychotherapy process. *Journal of Counseling Psychology*, 67(4), 488–499. <https://doi.org/10.1037/cou0000391>
4. Edmonds, W. A., Kennedy, T. D., Hughes, P. A., & Calzada, P. J. (2009). A single-participants investigation of the effects of various biofeedback-assisted breathing patterns on heart rate variability: A practitioner's approach. *Biofeedback*, 37(4), 141–146. <https://doi.org/10.5298/1081-5937-37.4.141>
5. Ertl, M., Hildebrandt, M., Ourina, K., Leicht, G., & Mulert, C. (2013). Emotion regulation by cognitive reappraisal - the role of frontal theta oscillations. *NeuroImage*, 81, 412–421. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2013.05.044>
6. Garland, E. L., Hanley, A. W., Hudak, J., Nakamura, Y., & Froeliger, B. (2022). Mindfulness-induced endogenous theta stimulation occasions self-transcendence and inhibits addictive behavior. *Science Advances*, 8(41), eabo4455. <https://doi.org/10.1126/sciadv.abo4455>
7. Hipp, J. F., & Siegel, M. (2013). Dissociating neuronal gamma-band activity from cranial and ocular muscle activity in EEG. *Frontiers in Human Neuroscience*, 7, 338. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2013.00338>
8. Hudak, J., Hanley, A. W., Marchand, W. R., Nakamura, Y., Yabko, B., & Garland, E. L. (2021). Endogenous theta stimulation during meditation predicts reduced opioid dosing following treatment with Mindfulness-Oriented Recovery Enhancement. *Neuropsychopharmacology: Official Publication of the American College of Neuropsychopharmacology*, 46(4), 836–843. <https://doi.org/10.1038/s41386-020-00831-4>
9. Kazdin, A. E. (2007). Mediators and mechanisms of change in psychotherapy research. *Annual Review of Clinical Psychology*, 3(1), 1–27. <https://doi.org/10.1146/annurev.clinpsy.3.022806.091432>
10. Lomas, T., Ivtzan, I., & Fu, C. H. Y. (2015). A systematic review of the neurophysiology of mindfulness on EEG oscillations. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 57, 401–410. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2015.09.018>
11. López-Florit, L., García-Cuesta, E., Gracia-Expósito, L., García-García, G., & Iandolo, G. (2021). Physiological reactions in the therapist and turn-taking during online psychotherapy with children and adolescents with autism spectrum disorder. *Brain Sciences*, 11(5), 586. <https://doi.org/10.3390/brainsci11050586>
12. Makowski, D., Pham, T., Lau, Z. J., Brammer, J. C., Lespinasse, F., Pham, H., Schölzel, C., & Chen, S. H. A. (2021). NeuroKit2: A Python toolbox for neurophysiological signal processing. *Behavior Research Methods*, 53(4), 1689–1696.

<https://doi.org/10.3758/s13428-020-01516-y>

13. Otzenberger, H., Gronfier, C., Simon, C., Charloux, A., Ehrhart, J., Piquard, F., & Brandenberger, G. (1998). Dynamic heart rate variability: a tool for exploring sympathovagal balance continuously during sleep in men. *American Journal of Physiology. Heart and Circulatory Physiology*, 275(3), H946–H950. <https://doi.org/10.1152/ajpheart.1998.275.3.H946>
14. Spielberger, C. D. (2010). State-trait anxiety inventory. In *The Corsini Encyclopedia of Psychology*. John Wiley & Sons, Inc. <https://doi.org/10.1002/9780470479216.corpsy0943>
15. Tang, Y.-Y., Tang, R., Rothbart, M. K., & Posner, M. I. (2019). Frontal theta activity and white matter plasticity following mindfulness meditation. *Current Opinion in Psychology*, 28, 294–297. <https://doi.org/10.1016/j.copsyc.2019.04.004>
16. Urrestarazu, E., & Iriarte, J. (2005). Independent Components Analysis (ICA) in the study of electroencephalographic signals. *Neurologia*, 20(6), 299–310. <https://europepmc.org/article/med/16007513>
17. Veldhuizen, I. J. T., Gaillard, A. W. K., & de Vries, J. (2003). The influence of mental fatigue on facial EMG activity during a simulated workday. *Biological Psychology*, 63(1), 59–78. [https://doi.org/10.1016/s0301-0511\(03\)00025-5](https://doi.org/10.1016/s0301-0511(03)00025-5)
18. Zouaoui, I., Zellag, M., Hernout, J., Dumais, A., Potvin, S., & Lavoie, M. E. (2023). *Alpha and theta oscillations during the cognitive reappraisal of aversive pictures: A spatio-temporal qEEGInvestigation*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.4372894>

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Код участника: _____

Информированное согласие

на участие в исследовании

Исследовательская группа Центра биоэлектрических интерфейсов НИУ ВШЭ и ООО “Брейнстарт” приглашает Вас принять участие исследовании, целью которого является провести исследование влияния GSR сессий на показатели активности головного мозга, периферической нервной системы и иные показатели активности участников.

Прежде чем Вы примете решение об участии в этом исследовании, мы бы хотели предоставить Вам информацию об этом исследовании, о том, что ожидает Вас, и о возможных рисках.

Условия участия в исследовании

Вы можете принять участие в исследовании, если:

- Вы являетесь дееспособным (т.е. совершеннолетним, не страдающим психическими расстройствами и **не получаете препараты** и иные средства, **способные влиять на активность головного мозга или на вашу психоэмоциональную сферу**)
- Ваш возраст от 20 до 60 лет;
- Ваш родной язык русский;
- У вас отсутствуют диагностированные психиатрические, неврологические заболевания или заболевания сердечно-сосудистой системы;
- У вас **не было травм головы** в течение последних трех лет;
- У вас есть опыт прохождения **не менее одной, но не более десяти сессий по методу GSR**;
- Вы согласны на обработку Ваших персональных данных без их раскрытия третьим лицам (подробнее см. Приложение 1).

Добровольность участия

Ваше участие в исследовании должно быть исключительно добровольным. Данное согласие не должно даваться под влиянием обмана, психического или физического насилия или в условиях несвободы. Ваше согласие не должно быть вынуждено стечением тяжелых жизненных обстоятельств (недостатком материальных средств) и/или обусловлено какой либо зависимостью от экспериментатора (-ов).

Вы можете принять решение **не** участвовать в исследовании сейчас или отказаться продолжать участвовать на любом этапе исследования без каких-либо негативных последствий.

Конфиденциальность

Ваши имя, фамилия и должность не будут упомянуты где-либо в связи с теми сведениями, которые вы сообщите. Все результаты будут представляться только анонимно. Все данные, собранные в ходе исследования, будут доступны только экспериментаторам. По результатам исследования мы планируем опубликовать результаты в реферируемых журналах. Данные о Вашей персоне будут храниться не более 10 лет. Подробнее см. Приложение 1.

Процедура исследования

Исследование включает следующие этапы:

1. Диагностическая сессия GSR, в ходе которой вы обсудите со специалистом ваш запрос для основной GSR сессии (онлайн).
2. Заполнение психологических опросников
3. Установка датчиков для регистрации физиологических показателей (ЭЭГ, ФПГ, ЭМГ, кожно-гальваническая реакция, респирограмма и окулограмма)

ЭЭГ (электроэнцефалография) – метод регистрации электрической активности мозга. Процедура записи включает в себя установку регистрирующих электродов, закрепленных в электроэнцефалографической шапочке. Под каждый электрод наносится электропроводный гель. **ФПГ (фотоплетизмография)** – метод регистрации пульсовой волны. Процедура записи включает в себя установку датчика на палец руки. **ЭМГ (электромиография)** – метод регистрации электрической активности мышц. Процедура записи включает в себя установку накожных электродов на область исследуемых мышц. В процессе регистрации участнику может быть предложено выполнить определенные движения, сокращения мышц. Регистрация **кожно-гальванической реакции** (электропроводности кожи) включает в себя установку накожных электродов на пальцы рук. **Респирография** – метод регистрации дыхания. В нашем исследовании будет использован термометрический (реагирующий на температуру) датчик, закрепленный под носом. Регистрация движения глаз (**окулограмма**) – проводится с помощью бесконтактного окулографа, расположенного на столе перед участником.

4. Прохождение сессии по методу GSR (онлайн).

5. В процессе сессии будет проводиться регистрация ЭЭГ, ЭКГ, ЭМГ, кожно-гальванической реакции, респирограммы и окулограммы, а также осуществляться запись видеоконференции.

Ни один из используемых методов регистрации НЕ ПРЕДПОЛАГАЕТ активного ВОЗДЕЙСТВИЯ на мозг и организм в целом.

6. Суммарная длительность процедуры составит 1,5–2 часа.

7. Вы можете быть случайным образом распределены в одну из двух экспериментальных групп. Участникам группы 1 будет проведена онлайн сессия GSR. Участники группы 2 просмотрят видеозапись сессии GSR. Мы сообщим Вам, в какую группу вы были включены после окончания экспериментальной сессии. В случае, если вы попадете в группу 2, после участия в эксперименте вам будет предоставлена возможность бесплатного прохождения сессии GSR в режиме онлайн.

Возможные неудобства

Данное исследование не предполагает чрезвычайных ситуаций, однако в случае возникновения таковых Вам будет оказана необходимая помощь. Процедура исследования не предполагает воздействий, которые могут негативно сказаться на Вашем физическом состоянии.

Данное исследование рассмотрено и одобрено Этическим комитетом НИУ ВШЭ.

ПОДТВЕРЖДЕНИЕ ИНФОРМИРОВАННОГО СОГЛАСИЯ НА УЧАСТИЕ В ИССЛЕДОВАНИИ

Подписывая данную форму информированного согласия, я подтверждаю, что прочитал(а) и понял(а) цели, процедуру, методы и возможные неудобства участия в исследовании. Я был(а) проинформирован о продолжительности экспериментального воздействия и сроках проведения подобных исследований вообще. Я получил информацию о действиях в случае непредвиденного влияния на мое здоровье. У меня была возможность задать все интересующие меня вопросы. Я получил(а) удовлетворительные ответы и уточнения по всем вопросам, интересующим меня в связи с данным исследованием. Данное согласие дается не под влиянием обмана, психического или физического насилия или в условиях несвободы. Мое согласие не вынуждено стечением тяжелых жизненных обстоятельств (недостатком материальных средств) и/или не обусловлено какой-либо зависимостью от экспериментатора (-ов). Я даю свое согласие на участие в исследовании.

Подпись участника исследования	Дата: « ____ » _____ 202_
--------------------------------	---------------------------

Я объяснил(а) респонденту предложенную выше форму информированного согласия, а также ответил(а) на все вопросы респондента относительно участия в исследовании. Его(ее) решение принять участие в исследовании не навязано кем-то, а является осознанным и добровольным, о чем получено согласие.

Ф.И.О. и подпись интервьюера	Дата: « ____ » _____ 202_
------------------------------	---------------------------

Согласие на обработку персональных данных

Настоящим я, _____ (ФИО), паспорт серии _____ номер _____, выдан _____ (дата выдачи и выдавший орган), зарегистрированный (ая) по адресу: _____ предоставляю федеральному государственному автономному образовательному учреждению высшего образования «Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики» (НИУ ВШЭ), зарегистрированному по адресу: 101000, г. Москва, ул. Мясницкая, д. 20, а именно Центру биоэлектрических интерфейсов НИУ ВШЭ, для цели проведения научных исследований сетей головного мозга, ответственных за восприятие и обработку информации, свои персональные данные:

1. ФИО;
2. Дата рождения и возраст;
3. Контактные данные: номер телефона, e-mail, адрес в социальных сетях, другое (указать)_____;
4. Данные поведенческих исследований, в том числе опросников (хранятся под кодовым номером);
5. Данные скрининговых опросников, в том числе содержащие информацию о состоянии здоровья;
8. Другое (указать)_____.

Способы обработки персональных данных включают сбор, запись, систематизацию, накопление, хранение, уточнение (обновление, изменение), извлечение, использование, обезличивание, блокирование, удаление, уничтожение.

Перечень действий с персональными данными, на совершение которых дается согласие:

- Препроцессинг, основной анализ, измерение основных параметров будут производиться с помощью специализированных компьютерных программ, интегрированных с записывающим и навигационным оборудованием.
- Статистический анализ данных будет осуществлен с помощью программ Python, STATISTICA, Jamovi и т.д.
- Хранение индивидуальных данных будет осуществляться исключительно на компьютерах, принадлежащих НИУ ВШЭ, ООО «Брейнстарт» и ООО «ГСР систем». Все индивидуальные данные являются конфиденциальными и не подлежат распространению и передаче третьим лицам. Все индивидуальные данные будут доступны только экспериментаторам.

Я согласен(на), что по результатам исследования будет осуществлено опубликование результатов исследования в реферируемых журналах. Все данные, которые будут приводиться в публикациях, не будут ссылаться на мои контактные данные. Имя, фамилия и прочие данные, позволяющие идентифицировать меня как участника эксперимента, не будут упомянуты.

Срок действия согласия составляет 10 (десять) лет. Я уведомлен(а) о том, что вправе отозвать настоящее согласие посредством направления мной письменного заявления НИУ ВШЭ по адресу: 101000, г. Москва, ул. Мясницкая, д. 20.

Мне разъяснены понятия и термины, используемые в настоящем согласии.

_____ (ФИО)

_____ (Подпись)

Приложение 2

Шкала позитивного аффекта и негативного аффекта, PANAS

Методика представляет собой опросник, направленный на диагностику широкого спектра позитивных и негативных эмоциональных состояний. Высокий уровень позитивного аффекта определяют как состояние приятной вовлеченности, высокой энергичности и полной концентрации в противовес унынию и вялости. Высокий уровень негативного аффекта они определяют как состояние субъективно переживаемого страдания, неприятной вовлеченности (это может быть гнев, отвращение, презрение, вина, страх, раздражительность) в противовес спокойствию и безмятежности. Измерения позитивного и негативного аффекта отражают эмоциональные состояния, однако связаны и с личностными чертами, соответствующими устойчивым индивидуальным различиям в склонности к эмоциональным реакциям того или иного типа.

Методика состоит из списка 20 прилагательных, описывающих эмоциональное состояние. Респондент должен оценить по 5-балльной шкале Ликкерта, насколько он чувствовал себя так в течение того или иного времени (теоретически период времени для описания может быть любым, в том числе, неопределённым). Интерпретация: Позитивный аффект (ПА): сумма баллов по пунктам 1, 3, 5, 9, 10, 12, 14, 16, 17, 19.

Негативный аффект (НА): сумма баллов по пунктам 2, 4, 6, 7, 8, 11, 13, 15, 18, 20.

Инструкция. Этот опросник состоит из перечня прилагательных, которые описывают различные чувства и эмоции. Прочитайте каждое прилагательное и отметьте рядом с ним, в какой мере Вы чувствовали себя так в течение ближайшего прошедшего времени (возможные варианты инструкции: «сейчас (в настоящий момент)» / «сегодня (в течение дня)» / «в течение прошедших нескольких дней» / «в течение прошедшей недели» / «обычно»). Используйте следующие варианты ответов:

1	2	3	4	5
Почти или совсем нет	Немного	Умеренно	Значительно	Очень сильно

1. _____увлеченный
2. _____подавленный
3. _____радостный
4. _____расстроенный
5. _____полный сил
6. _____виноватый
7. _____испуганный
8. _____злой
9. _____заинтересованный
10. _____уверенный
11. _____раздраженный
12. _____сосредоточенный
13. _____стыдящийся
14. _____вдохновленный
15. _____нервный

16. _____решительный
17. _____внимательный
18. _____беспокойный
19. _____бодрый
20. _____тревожный

Шкала тревоги Спилбергера-Ханина, STAI

Инструкция. Прочитайте внимательно каждое из приведенных ниже предложений, которые характеризуют состояние вашего самочувствия в данный момент, и выберите наиболее подходящий вариант ответа (обведите соответствующее число):

"1" -нет, это не так, "2"-почти что так; "3"- верно;

"4"- совершенно верно.

Не думайте слишком долго, отвечайте так, как вам подумалось в первый момент
Правильных или неправильных ответов не существует.

	Состояние в данный момент	1	2	3	4
1.	Я спокоен	1	2	3	4
2.	Мне ничто не угрожает	1	2	3	4
3.	Я нахожусь в состоянии напряжения	1	2	3	4
4.	Я испытываю сожаление	1	2	3	4
5.	Я чувствую себя свободно	1	2	3	4
6.	Я расстроен	1	2	3	4
7.	Меня волнуют возможные неудачи	1	2	3	4
8.	Я чувствую себя отдохнувшим	1	2	3	4
9.	Я встревожен	1	2	3	4
10.	Я испытываю чувство внутреннего удовлетворения	1	2	3	4
11.	Я уверен в себе	1	2	3	4
12.	Я нервничаю	1	2	3	4
13.	Я не нахожу себе места	1	2	3	4
14.	Я взвинчен	1	2	3	4
15.	Я не чувствую скованности и напряжения	1	2	3	4
16.	Я доволен	1	2	3	4
17.	Я озабочен	1	2	3	4
18.	Я слишком возбуждён и мне не по себе	1	2	3	4
19.	Мне радостно	1	2	3	4
20.	Мне приятно	1	2	3	4

Инструкция. Прочитайте внимательно каждое из приведенных ниже предложений и обведите подходящую для вас цифру справа в зависимости от того, как вы себя чувствуете обычно.

Цифры справа означают следующие варианты ответов:

"1" - почти никогда (ответ оценивается в один балл); "2"-иногда (ответ оценивается в два балла);

"3"- часто (ответ оценивается в три балла);

"4"- почти всегда (ответ оценивается в четыре балла).

	Как вы себя чувствуете обычно	1	2	3	4
1.	Я испытываю удовольствие	1	2	3	4
2.	Я очень быстро устаю	1	2	3	4
3.	Я легко могу заплакать	1	2	3	4
4.	Я хотел бы быть таким же удачливым, как и другие	1	2	3	4
5.	Нередко я проигрываю из-за того, что недостаточно быстро принимаю решения	1	2	3	4
6.	Обычно Я чувствую себя бодрым	1	2	3	4
7.	Я спокоен, хладнокровен, собран	1	2	3	4
8.	Меня тревожат возможные трудности	1	2	3	4
9.	Я слишком переживаю из-за пустяков	1	2	3	4
10.	Я бываю вполне счастлив	1	2	3	4
11.	Я всё принимаю близко к сердцу	1	2	3	4
12.	Мне не хватает уверенности в себе	1	2	3	4
13.	Обычно Я чувствую себя в безопасности	1	2	3	4
14.	Я стараюсь избегать критических ситуаций и трудностей	1	2	3	4
15.	У меня бывает хандра	1	2	3	4
16.	Я бываю доволен	1	2	3	4
17.	Всякие пустяки отвлекают и волнуют меня	1	2	3	4
18.	Я так сильно переживаю свои разочарования, что потом долго не могу о них забыть	1	2	3	4
19.	Я — уравновешенный человек	1	2	3	4
20.	Меня охватывает беспокойство, когда я думаю о своих делах и заботах	1	2	3	4

Приложение 3

Сводная таблица с путями к данным отчета.

Описание	Данные в облачном сервисе Yandex Disk
Метаданные в xlsx формате, включающие в себя информацию о поле, возрасте участников, опыте прохождения GSR сессии, дате и времени регистрации физиологических данных.	https://disk.yandex.ru/i/YXq7ZMtYJ7hG-O
Записанные данные в edf формате.	https://disk.yandex.ru/d/13jWD5ssK_XjHQ
Данные в edf формате после предобработки и ICA.	https://disk.yandex.ru/d/0HxAmbYXzj5UVQ
Данные в xlsx формате, включающие в себя показатели ЭЭГ, такие как мощность ритмов в различных частотах и кортикальных областях во время разных стадий сессии.	https://disk.yandex.ru/i/6o8twRt5_bMxpO
Данные в xlsx формате, включающие в себя показатели ФПГ, такие как частота пульса и метрики вариабельности сердечного ритма.	https://disk.yandex.ru/i/lKdMsBp0qtvYMA
Данные в xlsx формате, включающие в себя показатели респирометрии, такие как средняя частота дыхания и показатели вариабельности дыхательного ритма.	https://disk.yandex.ru/i/RtmV/SZFlllkzjg
Данные в xlsx формате, включающие в себя показатели кожно-гальванической реакции (КГР), такие как, такие как количество кожных реакций, их средняя амплитуда, а также показатели тонической и симпатической активности.	https://disk.yandex.ru/i/9WglqspCTI68-w
Данные в xlsx формате электромиографии (ЭМГ), такие как средняя амплитуда и вариабельность активности лицевых мышц.	https://disk.yandex.ru/i/hAVgZN8clDKY-g
Данные в xlsx формате окулографии, включают в себя такие показатели, как средняя и стандартная продолжительность фиксации, амплитуда саккад, а также пространственные координаты фиксации и процент валидных данных взгляда на экране.	https://disk.yandex.ru/i/FKbiOz4pJhJCjg
Данные результатов психологических опросников PANAS и STAI в xlsx формате.	https://disk.yandex.ru/d/nwiZGUATHk2HLA