

ФАЗОВАЯ СИНХРОНИЗАЦИЯ РИТМОВ ЭЭГ ЧЕЛОВЕКА В УСЛОВИЯХ ВЫБОРА ПОВЕДЕНИЯ, СВЯЗАННОГО С РИСКОМ

Залешин Александр Владимирович

Лаборатория условных рефлексов и физиологии эмоций,
ИВНД и НФ РАН

Апробация диссертации
на соискание ученой степени кандидата биологических наук

Научный руководитель:
д.б.н. Зайченко М.И.

Москва, 2020

АКТУАЛЬНОСТЬ ПРОБЛЕМЫ

Принятие рискованных решений является сложным процессом, который вовлекает как оценку ценности вознаграждения, так и уровень риска.

Патологическая импульсивность и рискованность связаны с целым рядом психических расстройств, таких как наркомания, алкоголизм, синдром дефицита внимания, гиперактивность, агрессивность, склонность к азартным играм и с другими нежелательными социальными проявлениями .

Выявление и анализ временных характеристик ритмов ЭЭГ может способствовать объяснению механизмов работы мозга, в частности – правильному пониманию особенностей поведения в условиях риска.

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Цель работы заключалась в выявлении характерных фазово-фазовых соотношений ритмов ЭЭГ у людей, принадлежащих к разным группам по склонности к риску, во время принятия решения в ситуации выбора между маловероятным ценным, либо гарантированным малоценным вознаграждением, и определение характерных временных задержек между фазами различных ритмов.

ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

1. Выявить особенности поведения людей в условиях выбора, связанного с риском, при наличии вероятностного вознаграждения.
2. Разделить испытуемых в соответствии с доминирующей стратегией поведения на группы «склонных к риску» и «избегающих риска».
3. Разработать приложения для обработки записей ЭЭГ, с использованием детализированного анализа фазово-фазовых соотношений и времен задержки, для отдельных наборов пар ритмов (альфа и бета, тета и бета).
4. Исследовать особенности временных характеристик у последовательностей ритмов ЭЭГ для случаев синхронности, рассматриваемой в пределах временной задержки от 0 до 0,02 с, и для случаев временных задержек, рассматриваемых в пределах от 0,08 до 0,1 с, между ритмами альфа- и бета- и тета- и бета- диапазонов у испытуемых групп «склонных к риску» и «избегающих риска».

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ И ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ РАБОТЫ

В работе использовано сопоставление данных о поведении испытуемых с учетом их склонности к риску с проявлениями и соотношениями ритмов ЭЭГ. Выявлена разница между ЭЭГ у «склонных к риску» людей и у «избегающих риска» людей. Эту разницу можно обнаружить путем анализа записей ЭЭГ по соответствующим группам испытуемых.

Усовершенствован процесс цифровой обработки ЭЭГ (учет интервалов записей ЭЭГ, в которых частотно-временные характеристики быстро изменяются во времени), сопоставление ритмов ЭЭГ с учетом временных задержек между ритмами.

Выявлено, что наличие задержек между ритмами ЭЭГ согласовано с типологическими особенностями поведения испытуемых во время выбора, связанного с риском.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ, ВЫНОСИМЫЕ НА ЗАЩИТУ

1. Особенности «рискованного» и «осторожного» поведения у людей могут быть обнаружены не только на поведенческом уровне, но и на уровне мозговой активности. При анализе мозговой активности испытуемых различия в «склонности к риску» / «осторожности» могут быть выявлены по характеристикам ритмов ЭЭГ.
2. При сопоставлении временных (фазовых) характеристик для ритмов альфа- и бета- диапазонов ЭЭГ могут быть выявлены различия при синхронности, а также при наличии временных задержек между ритмами, у испытуемых, принадлежащих к разным группам по склонности к риску.
3. Усредненная по всем отведениям межчастотная синхронизированная активность головного мозга является важнейшим показателем склонности к определенной стратегии поведения и может быть выявлена путем анализа характеристик ЭЭГ, полученных на основании кросскорреляционных гистограмм по разным ритмам.

Общая схема проведения эксперимента



Часть 1.

В работе приняли участие 33 здоровых испытуемых:

21 женщина и 12 мужчин в возрасте 24 ± 4 лет (студенты, аспиранты, служащие).

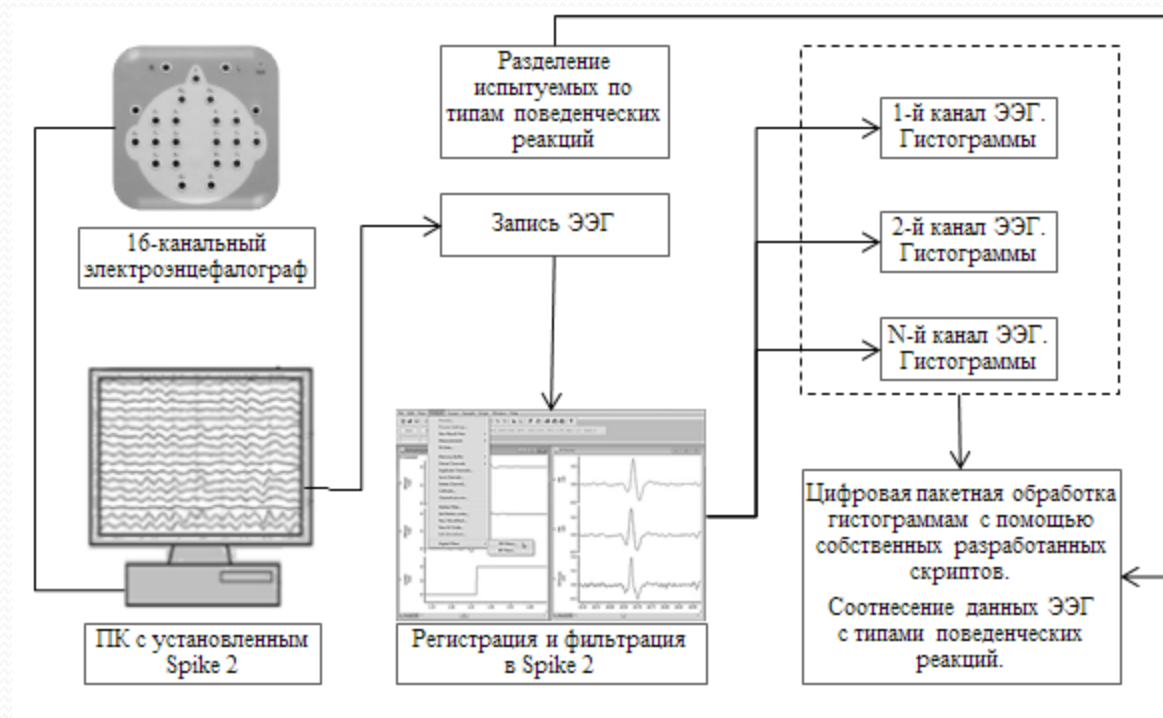
Часть 2.

Исследование проводилось через 2 года, с другим набором испытуемых, в другом помещении.

В работе приняли участие 33 здоровых испытуемых:

18 женщин и 15 мужчин в возрасте 24 ± 4 лет (студенты, аспиранты, служащие).

Порядок проведения эксперимента



Комплексное исследование включало обработку и сопоставление данных о поведенческих реакциях в ответ на предъявляемые стимулы и данных о суммарной электрической активности мозга, записанных в виде электроэнцефалограмм (ЭЭГ).

Проведение эксперимента

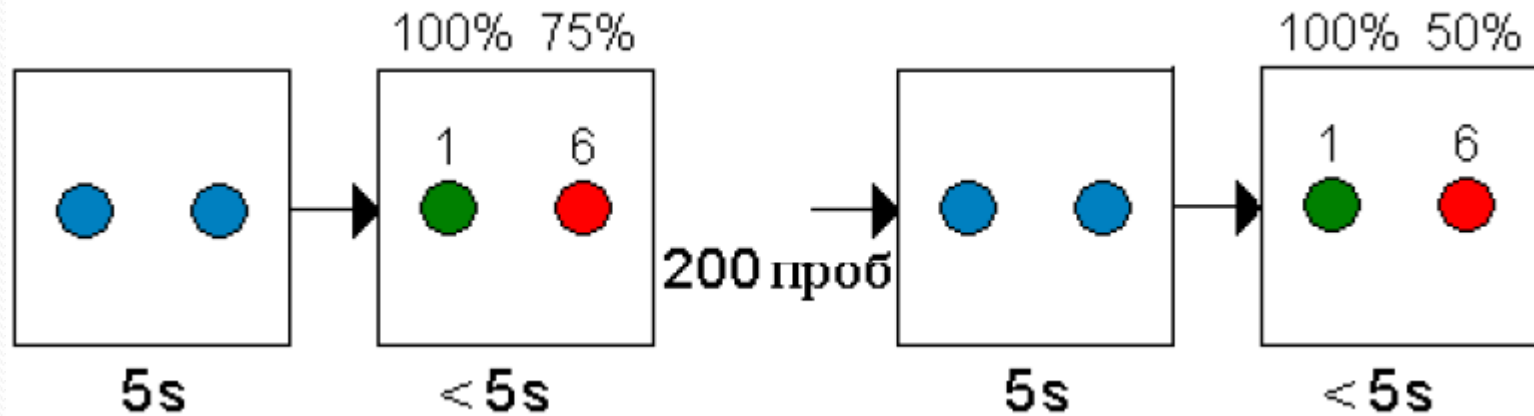


Схема последовательности предъявлений изображений на экране монитора. Цель испытуемого - набрать максимальное число очков при неизвестной вероятности выпадения 6 очков (“красный круг”)

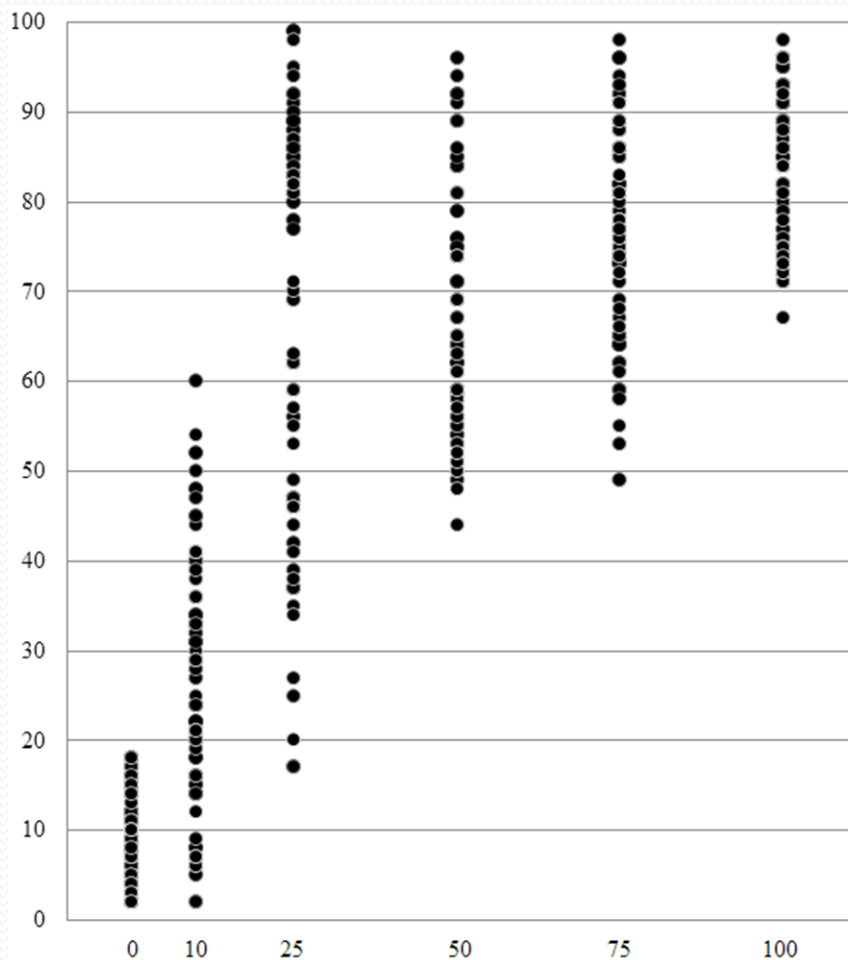
1	2	3	...	N
0%	100%	10%		50%
50%	10%	25%		25%
25%	25%	0%		0%
10%	0%	50%	...	100%
75%	75%	100%		10%
100%	50%	75%		75%

Первоначально на экране монитора на темно-сером фоне на 5 с появлялись расположенные по горизонтали два серых круга. После того, как 5 с истекали, круги сменялись цветными – красным и зеленым (зеленый - слева, красный – справа), имеющими те же размеры и расположение, что и серые круги. Красный и зеленый круги являлись стимулами, определяющими получение вознаграждения, и предъявлялись так же в течение 5 с. По истечении времени, предоставленного на выбор цветного круга, снова на 5 с включались серые круги, далее смена кругов продолжалась.

После появления двух цветных кругов человеку предоставлялась альтернатива: выбрать зеленый круг и получить 1 балл со 100%-ной вероятностью или выбрать красный круг и получить 6 баллов с фиксированной, но разной (0, 10, 25, 50, 75, 100%) вероятностью. При этом о значении вероятности для красного круга испытуемый не был информирован.

Вероятность получения 6 баллов менялась в каждые новые 200 попыток.

Предпочтения при выборе вознаграждения

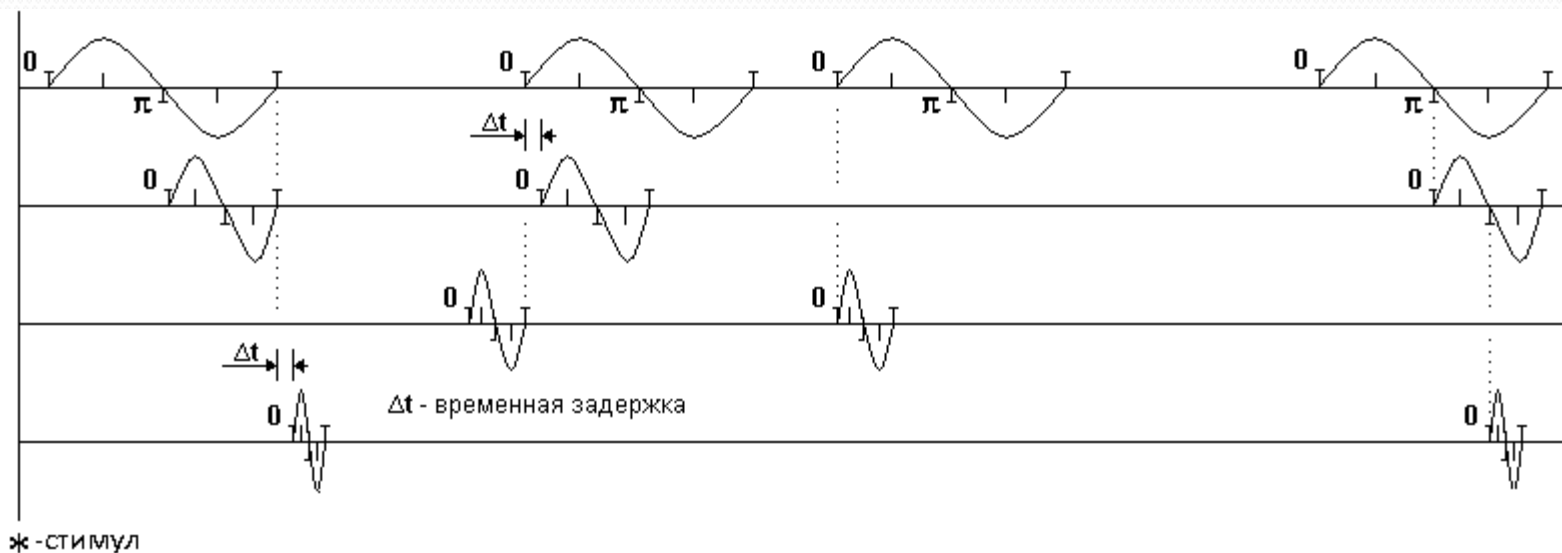


Для проводимых экспериментов использовались следующие вероятности получения ценного вознаграждения: 0%, 10%, 25%, 50%, 75% или 100%.

Выбор красного круга, связанного с ценным вознаграждением. Ордината – количество выбранных красных кругов в (%) по отношению к количеству попыток, абсцисса – вероятность ценного вознаграждения (%).

На основании поведенческих тестов, количество «осторожных» испытуемых в Части 1 – 15 человек, количество «склонных к риску» испытуемых в Части 1 – 18 человек; количество «склонных к риску» испытуемых в Части 2 – 14 человек, количество «осторожных» испытуемых в Части 2 – 19 человек. Из них среди «склонных к риску» испытуемых количество женщин в Части 1 – 11 человек, «осторожных» испытуемых количество женщин в Части 1 – 10 человек; среди «склонных к риску» количество женщин в Части 2 – 6 человек, «осторожных» испытуемых количество женщин в Части 2 – 12 человек.

Схематическое представление ЭЭГ для наборов ритмов

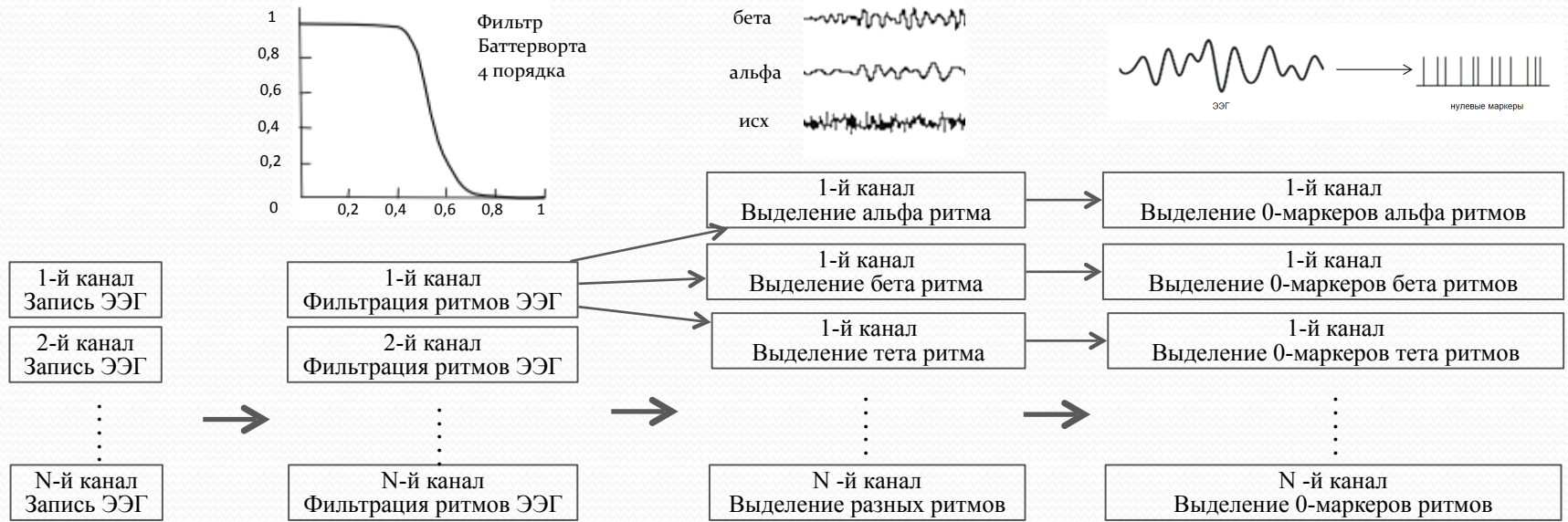


Участок записи ЭЭГ (модель). Обнаружение синхронностей фаз пересечений “0”.
Представлены различные варианты временной задержки между нулевыми фазами ритмов.

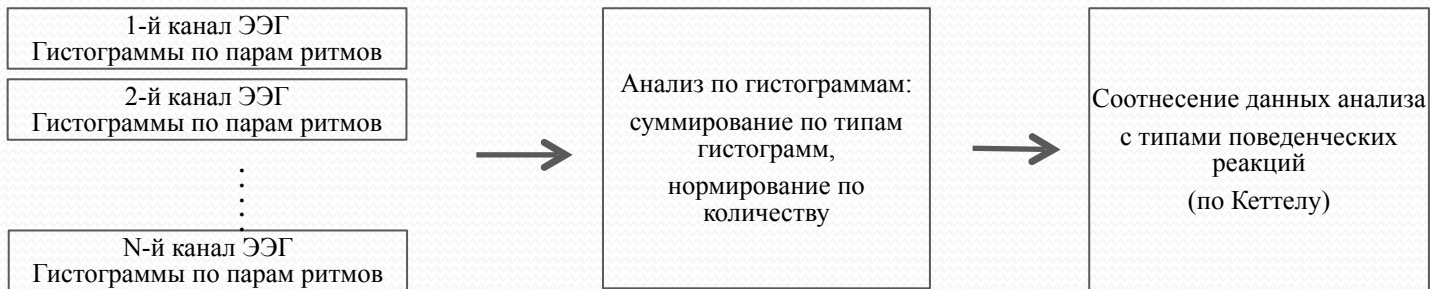
Каждое колебание на рисунке схематически показывает отдельные ритмы в моменты достижения нулевой фазы. На рисунке представлены различные варианты временной задержки между нулевыми фазами ритмов. Сопоставляются момент достижения нулевой фазы одним ритмом относительно момента достижения нулевой фазы другим ритмом. Время сопоставления показано пунктиром для отдельных колебаний.

Схема записи и анализа ЭЭГ

А



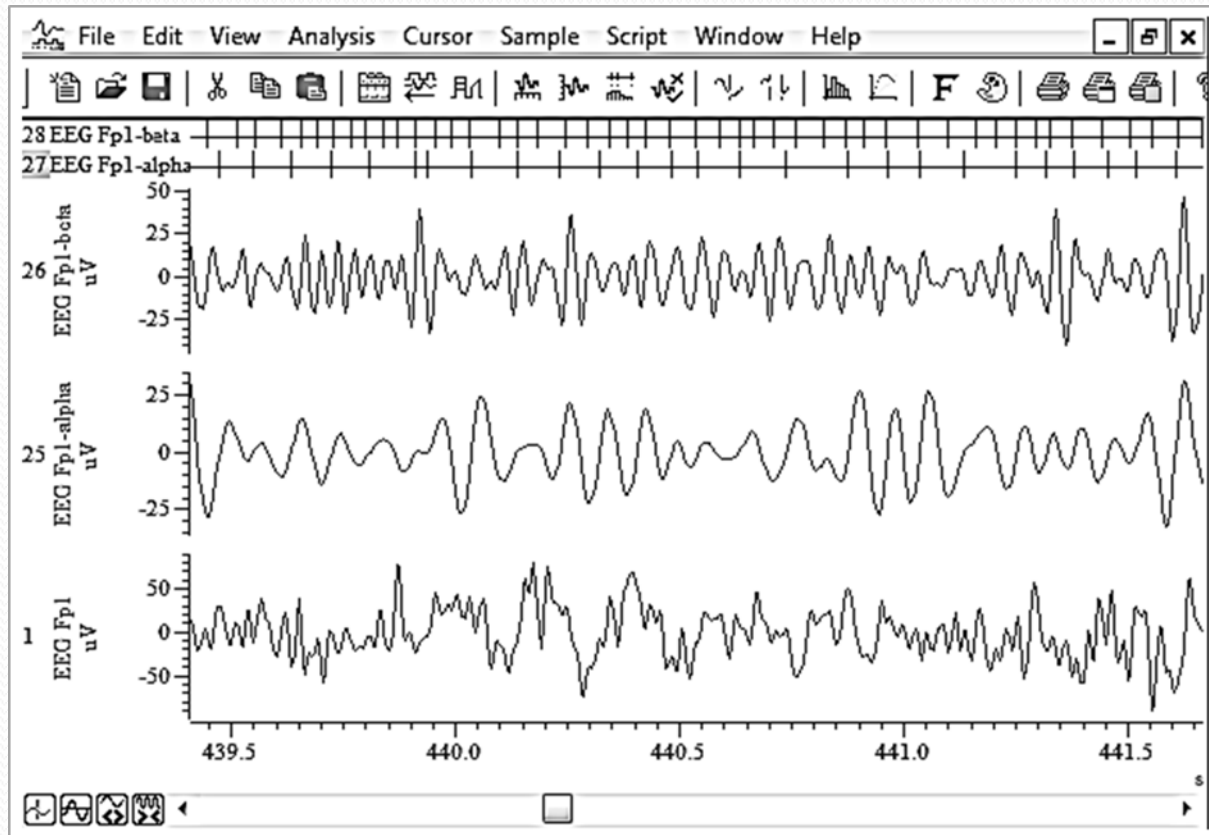
Б



А. Запись и первичное выделение нулевых маркеров ритмов ЭЭГ

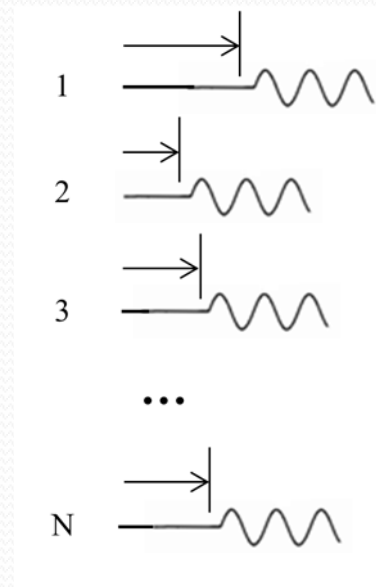
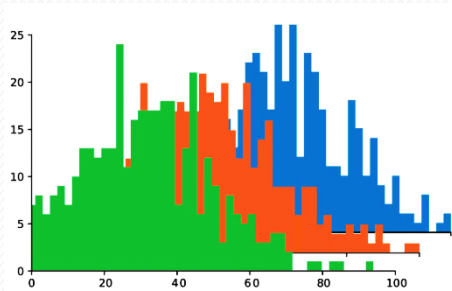
Б. Построение гистограмм – кросскорреляционной и интервальной; анализ результатов

Выявление нулевых маркеров



Использование Spike 2: запись ЭЭГ (Fr1), ритмы альфа и бета в двух каналах, и соответствующие им два канала с отметками (маркерами)

Градуировка для каналов ЭЭГ

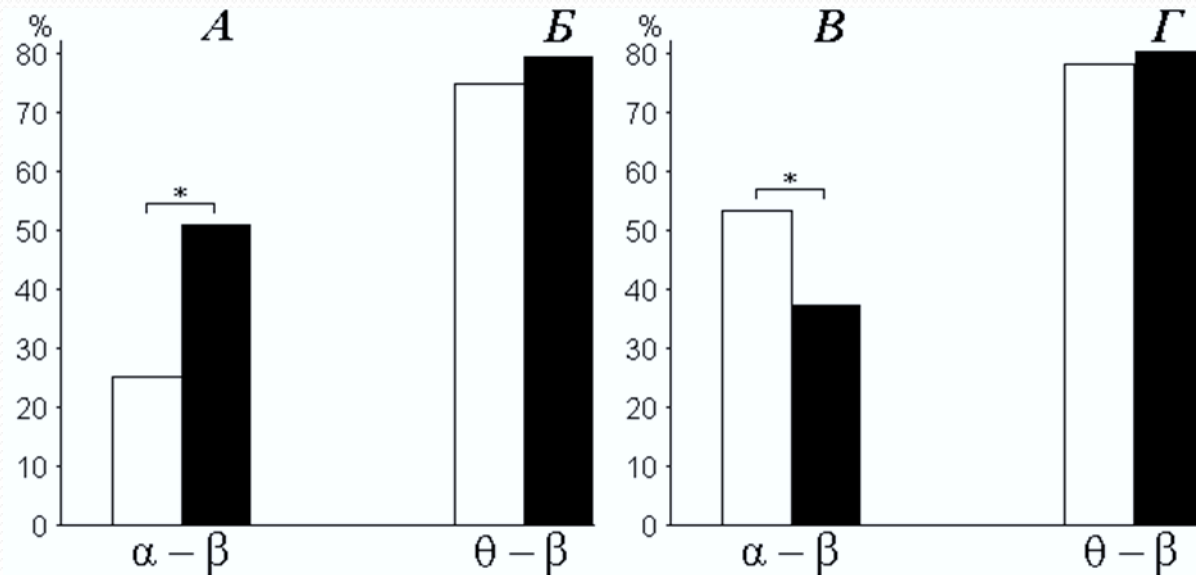


Между парами ритмов всегда наблюдается смещение, обусловленное первоначальной фазовой задержкой

ККГ между каналами с выделенными ритмами ЭЭГ можно построить для определения первоначального фазового смещения сигнала между каналами ЭЭГ.

ККГ может быть использована для определения чаще всего встречающегося относительного смещения между парами каналов

Доли пар альфа- и бета-ритмов ЭЭГ



Доли пар альфа- и бета-ритмов ЭЭГ при синхронности ритмов и при наличии временной задержки.

На рисунке показаны для испытуемых групп «склонных к риску» и «избегающих риска»:

(А) доли синхронных пар альфа- и бета-ритмов ЭЭГ

(Б) доли синхронных пар тета- и бета- ритмов ЭЭГ

(В) доли пар альфа- и бета- ритмов с временной задержкой (от 0.08 до 0.1 с) между ритмами

(Г) доли пар тета- и бета- ритмов с временной задержкой (от 0.08 до 0.1 с) между ритмами

Доли ритмов, выраженные в процентах, для «склонных к риску» испытуемых показаны белыми столбиками, для «осторожных» испытуемых показаны черными столбиками для всех случаев (А-Г).

РЕЗУЛЬТАТЫ

В ситуации выбора стратегии поведения испытуемые разделялись на людей «склонных к риску» и «избегающих риска».

Индивидуально-типологические различия между людьми в получении баллов по результатам выбора были наибольшими при 25%-ной вероятности получения ценного вознаграждения.

В работе показаны особенности синхронности ритмов альфа- и бета- диапазонов у людей «склонных к риску», по сравнению с «избегающими риска» в ситуации выбора между маловероятным ценным, либо гарантированным малоценным вознаграждением. Доля пар ритмов, в случае синхронности ритмов альфа- и бета- диапазонов, у испытуемых «склонных к риску» достоверно меньше, чем у «осторожных».

Выявлено различие в «склонности к риску»/«осторожности» у испытуемых по характеристикам временных задержек между ритмами альфа- и бета- диапазонов ЭЭГ. Доля пар ритмов, при временной задержке между ритмами альфа- и бета- диапазонов ЭЭГ в пределах от 0,08 до 0,1 с, достоверно больше у испытуемых «склонных к риску» по сравнению с «избегающими риска».

ВЫВОДЫ

Индивидуально-типологические различия между людьми были наибольшими при 25%-ной вероятности получения ценного вознаграждения.

Показаны синхронность и временные задержки альфа – бета-диапазонов как факторы значительно различающиеся у «избегающих риска» по сравнению с «рискующими» людьми при выборе более ценного, но менее вероятного вознаграждения.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Положения работы отражены в 3 научных публикациях, 3 из них – в реферируемых журналах:

Мержанова Г.Х., Залешин А.В., Ашкинази М.Л., Шергин И.Н.

Индивидуально-типологические различия в поведении человека при выборе вознаграждения, связанного с риском. Журн. высш. нерв. деят. 2011. 61(3): 281-292.

Залешин А. В., Мержанова Г. Х. Фазовая временная задержка между ритмами ЭЭГ человека в условиях выбора поведения, связанного с риском, Журн. высш. нерв. деят. 2019, 69(1): 14–22.

Alexander Zaleshin, Galina Merzhanova. Synchronization of independent neural ensembles in human EEG during choice tasks. Behav. Sci. 2019, 9(12), 132.