

# **ИНФОРМАЦИОННО- ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ КОГНИТИВНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

**Мероприятие 2. № 8.38.191.2011  
(2011 – 2013 гг.)**

**Руководитель: д.пс.н., вед. н.с.  
М.А. Холодная**

## Исполнители

М.В. Осорина

О.В. Щербакова

И.А. Горбунов

М.Г. Филиппова

Я.А. Ледовая

С.А. Мирошников

Р.В. Чернов

А.А. Авилушкина

В.А. Устинова

## **Предмет исследования:**

информационно-энергетические характеристики  
различных типов когнитивной деятельности

## **Объект исследования:**

- динамика психофизиологических показателей (ЭЭГ, ЧСС, КГР) в процессе совершения когнитивной деятельности различных типов: преодоления когнитивного конфликта; восприятия двойственных изображений, понятийных преобразований; перцептивного сканирования
- способы экспликации индивидуального концептуального опыта

# Пять серий эмпирических исследований

- 1) ЧСС в условиях когнитивного конфликта (тест Струпа);
- 2) ВП в процессе восприятия двойственных изображений;
- 3) ЭЭГ, ЧСС и КГР в условиях понятийных преобразований;
- 4) КГР (когнитивный стиль «импульсивность/рефлексивность»);
- 5) способы экспликации особенностей индивидуального концептуального опыта

# Методы исследования

## ***Психологические:***

методики «Словесно-цветовая интерференция» Дж. Струпа, «Сравнение похожих рисунков» Дж Кагана, «Обобщение трех слов», «Решение метаграмм», «Противоположные суждения», экспериментальная парадигма прайминга, авторские методики «Часть – целое», «Целое – часть»; постэкспериментальное интервью

## ***Психофизиологические:***

электроэнцефалография (спонтанная ЭЭГ и вызванные потенциалы), регистрация частоты сердечных сокращений (ЧСС), регистрация кожно-гальванической реакции (КГР, по методике В.В. Суходоева)

Исследование 1. Динамика  
психофизиологических коррелятов  
когнитивной деятельности при выполнении  
теста Струпа  
(Я.А.Ледовая)

**Цель:** динамика психофизиологических коррелятов в условиях когнитивного конфликта

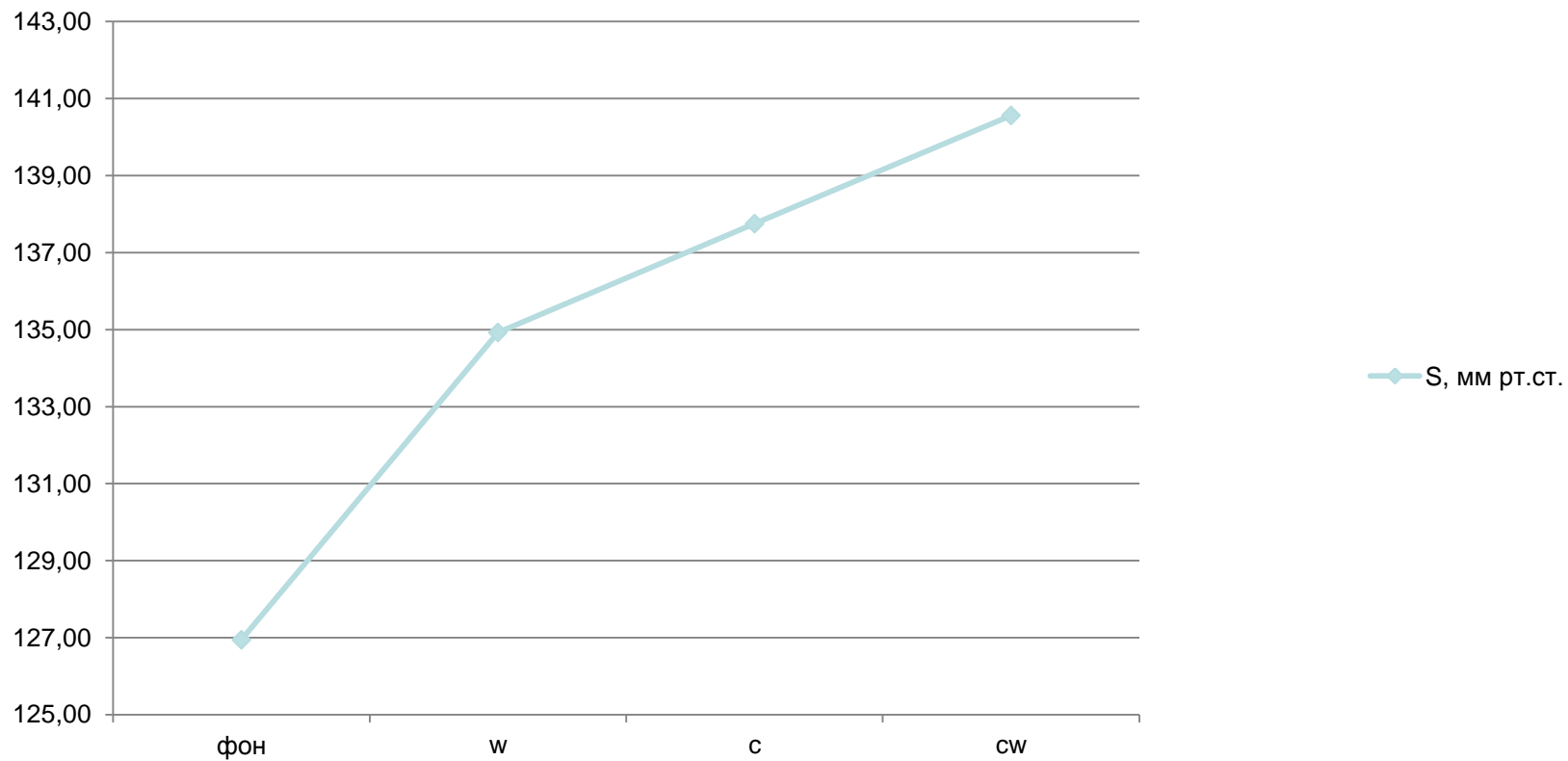
Показатели артериального давления и частоты сердечных сокращений в покое и при выполнении 3-х карт теста Струпа

Опросник Стреляу.

Выборка: 52 человека.

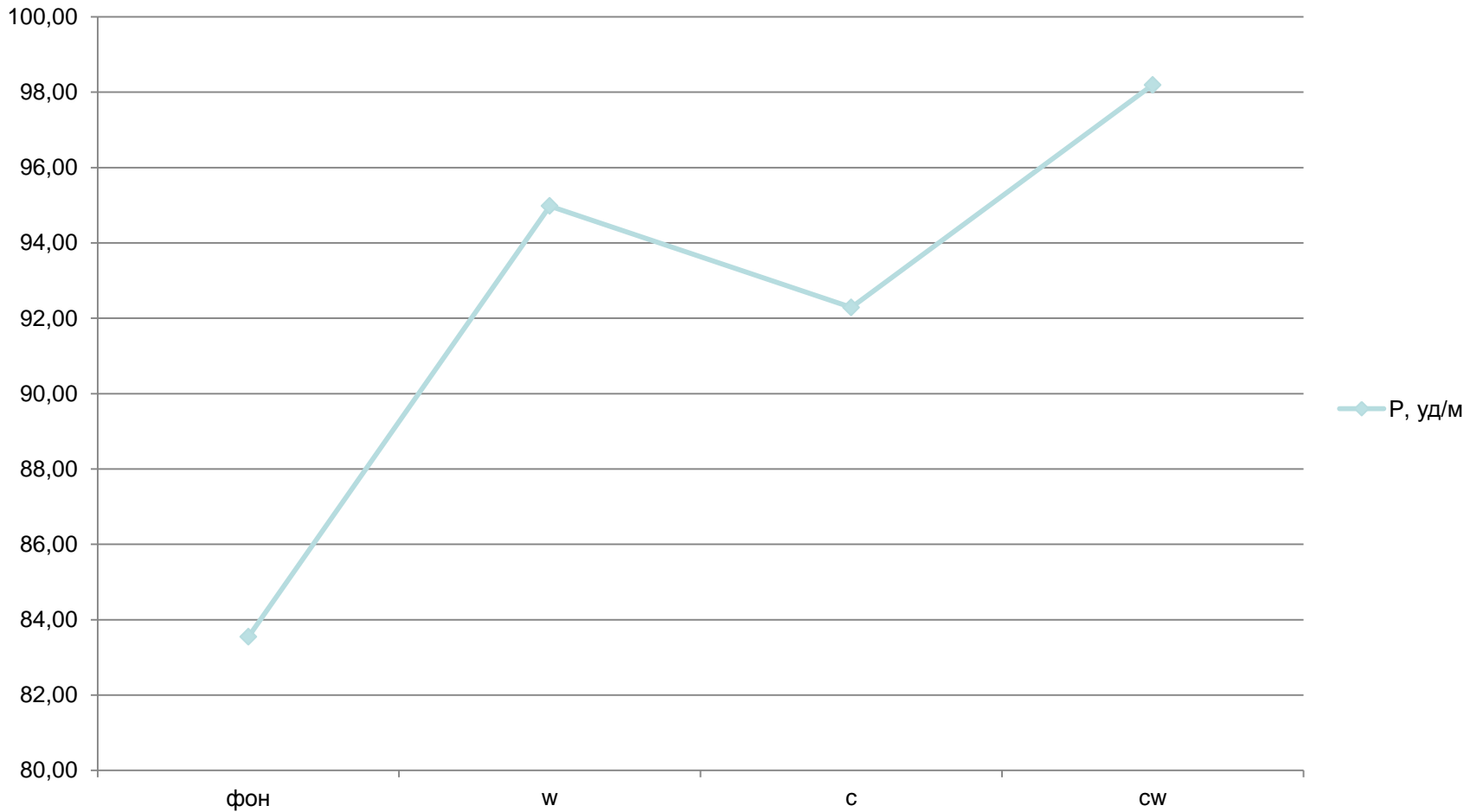
# Динамика значений систолического давления

S, мм рт.ст.



# Динамика значений ЧСС (пульса)

Р, уд/м

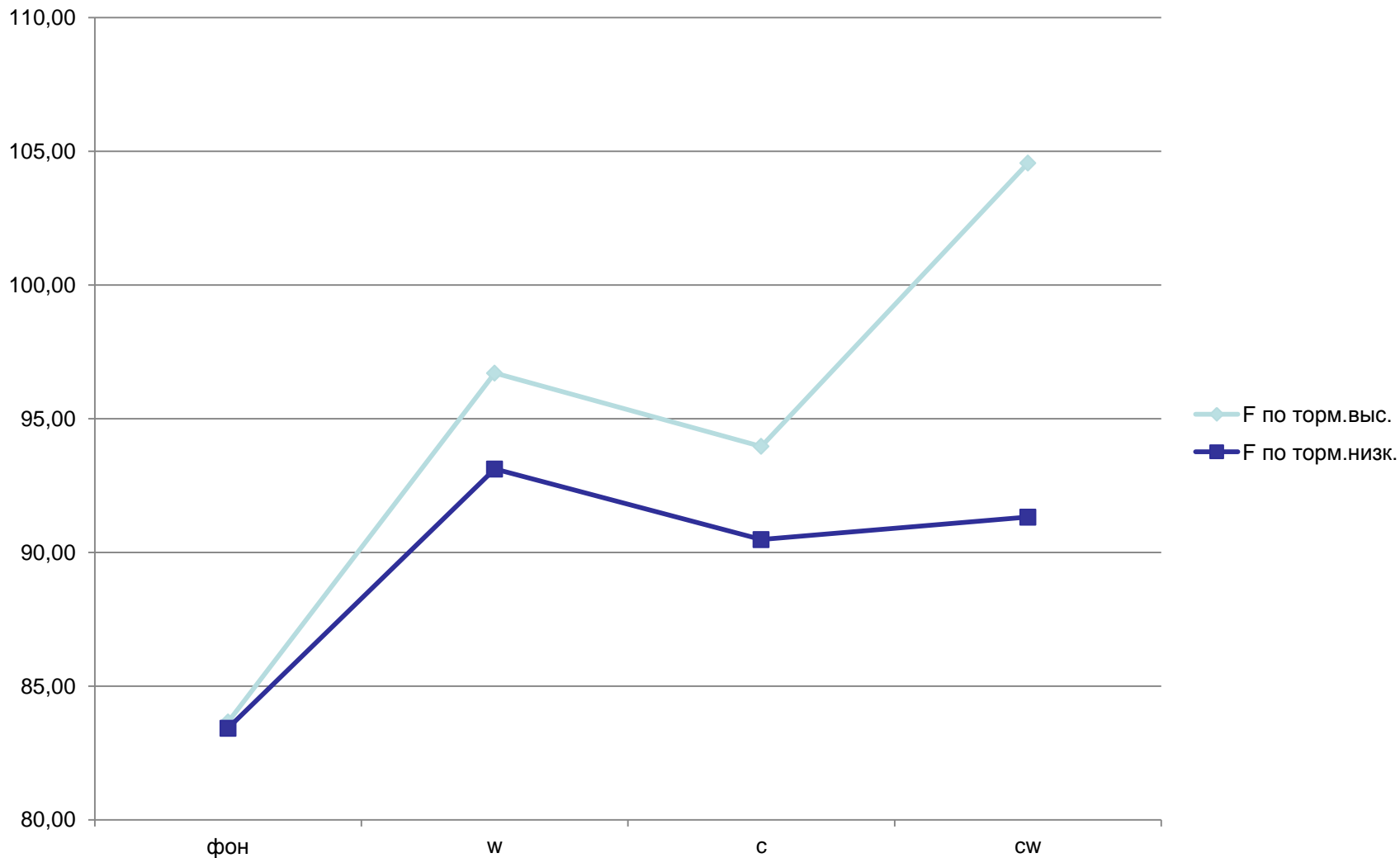




# Различия в физиологических показателях между фоном и 3 картой

	S, мм рт.ст.	D, мм рт.ст.	P, уд/м
Фон	126,94	78,00	83,54
3 карта	140,56*	85,12	<b>98,19**</b>

# Динамика значений ЧСС у двух подвыборок: сила по торможению



# Выводы

- 1) чтение интерференционной карты связано с наибольшими энергетическими затратами, поскольку испытуемые были вынуждены действовать в условиях когнитивного конфликта ( $p = 0,05$ )
- 2) связь частоты сердечного ритма с силой по торможению (способностью к сознательному контролю) ( $p = 0,011$ )

## Исследование 2. Динамика психофизиологических показателей в процессе восприятия многозначных изображений (М.Г.Филиппова, И.А.Горбунов, Р.В.Чернов)

**Цель:** исследование характера энергозатрат в процессе восприятия многозначности (влияние неосознаваемых значений)

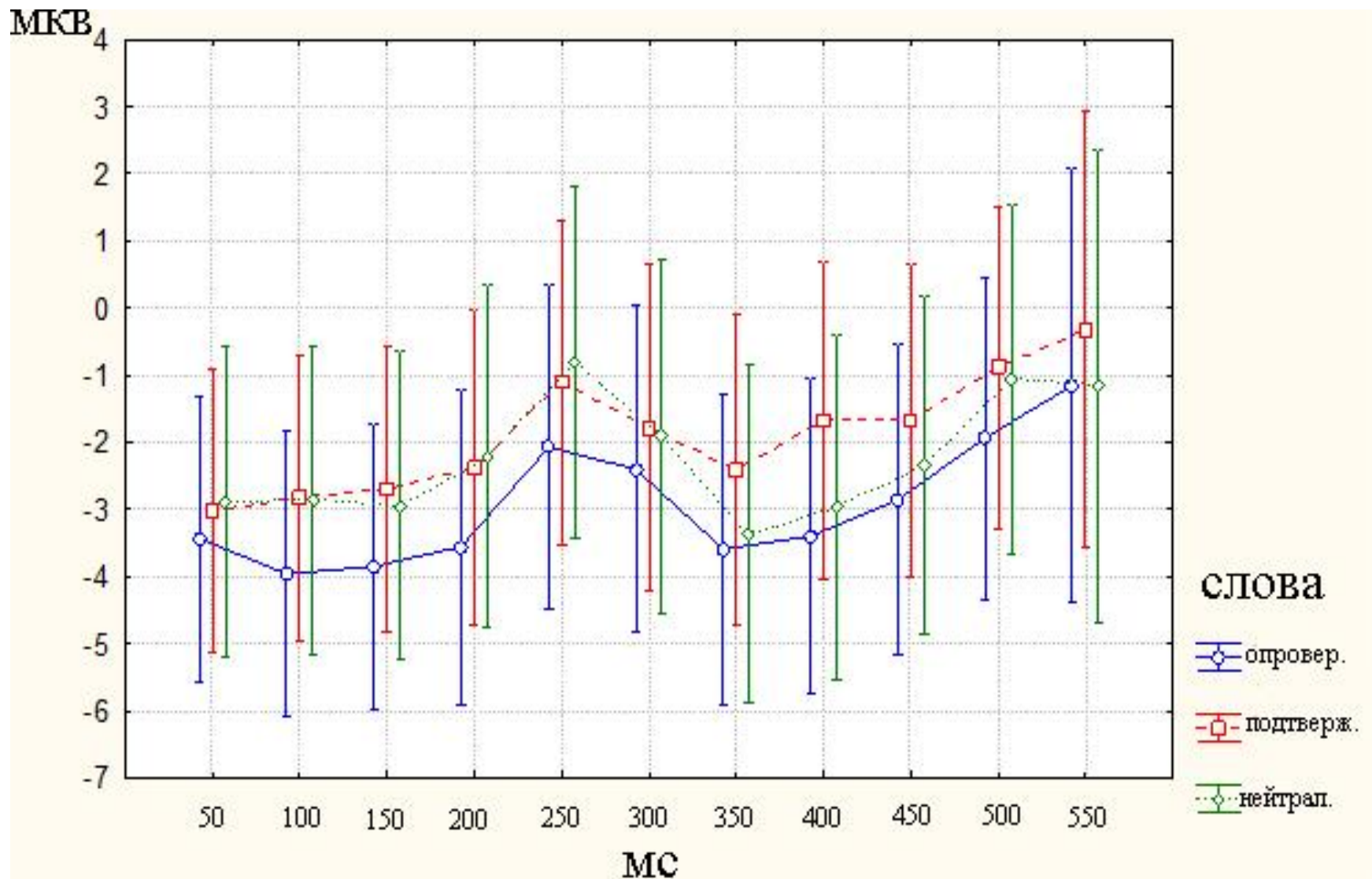
Экспериментальная парадигма прайминга в сочетании с задачей лексического решения.

Показатели ЭЭГ: 1) форма вызванных потенциалов мозга; 2) электрическая мощность ответа мозга на предъявление стимулов (двойственных изображений и слов/не-слов).

Выборка: 13 человек

# Вызванные потенциалы мозга

в ответ на слова, связанные с осознанными и неосознанными значениями двойственных изображений и нейтральными словами

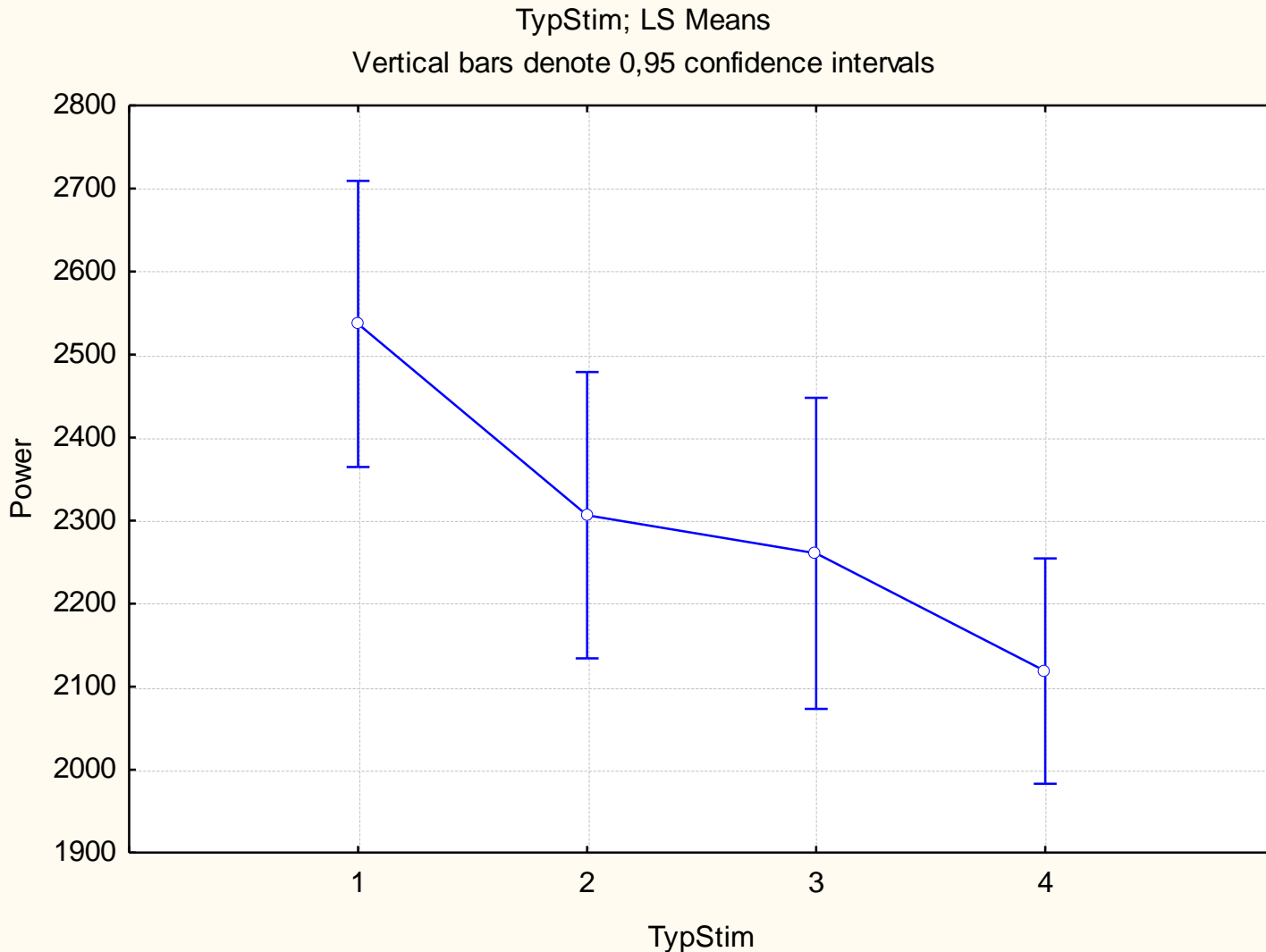


Вызванные потенциалы на слова, связанные с неосознанными значениями, отличаются наибольшей негативностью, нежели реакция на нейтральные слова (значимость различий в потенциалах между опровергающими и подтверждающими стимулами  $p < 0,05$  по Post Hoc критерию Fisher LSD).

Большая негативность вызванных потенциалов на неосознаваемые значения двойственных изображений наблюдается при усреднении ***по всем отведениям ЭЭГ.***

# Усредненная мощность

электрического ответа мозга на слова, связанные с осознанными и неосознанными значениями двойственных изображений и нейтральными словами/несловами



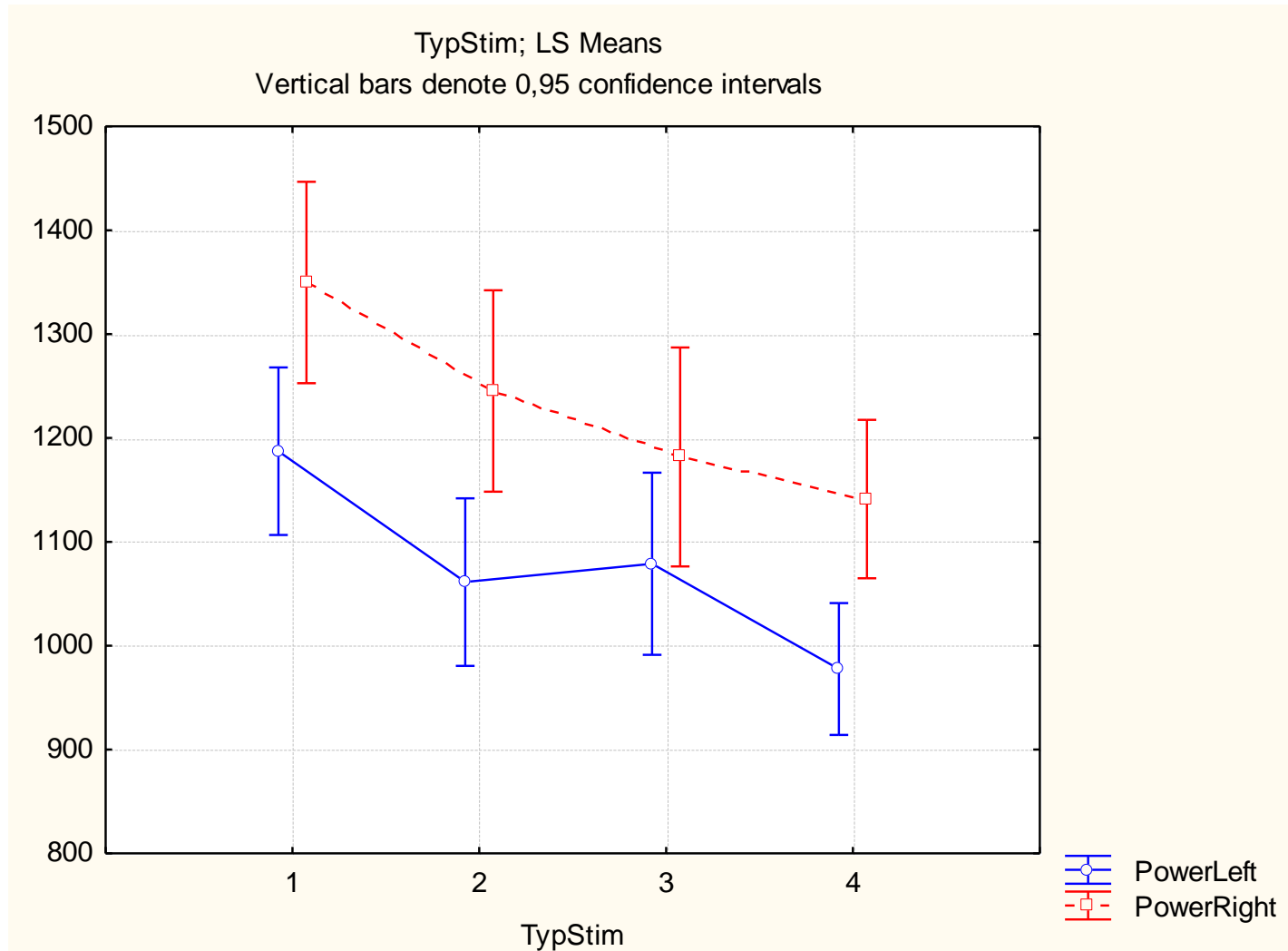
Максимальная мощность электрического ответа мозга наблюдается при опознании слов, связанных с неосознанными испытуемыми значениями двойственных изображений, т.е. опровергающими первоначальную гипотезу ( $F(3,1739) = 4,7; p < 0,005$ ).

Выявленный эффект устойчив, т.к. наблюдается как во фронтальных, так и в затылочных отделах мозга; как в левом, так и в правом полушарии.



# Усредненная мощность электрического ответа правого и левого полушария

на слова, связанные с осознанными и неосознанными значениями  
двойственных изображений и нейтральными словами



Возрастание мощности электрического ответа мозга на слова, связанные с неосознаваемыми значениями многозначной информации (т.е. опровергающими стимулами), более выражено в левом полушарии, где значимость различий по показателю мощности выше ( $F(3, 1739) = 5,4$ ;  $p = 0,001$ ), чем в правом ( $F(3, 1739) = 3,9$ ;  $p = 0,008$ )

# Вывод

Восприятие информации, связанной с неосознаваемыми значениями многозначности, требует повышенных энергетических затрат

Исследование 3. Динамика маркеров ментального усилия в процессе совершения понятийных преобразований (М.А.Холодная, О.В.Щербакова, И.А.Горбунов, И.В. Голованова)

**Цель:** выявить характер энергозатрат в условиях выполнения понятийных преобразований (категориальное обобщение, анаграммы, противоположные суждения)

Показатели электроэнцефалограммы (ЭЭГ), частоты сердечных сокращений (ЧСС) и кожно-гальванической реакции (КГР)

Выборка: 34 человека

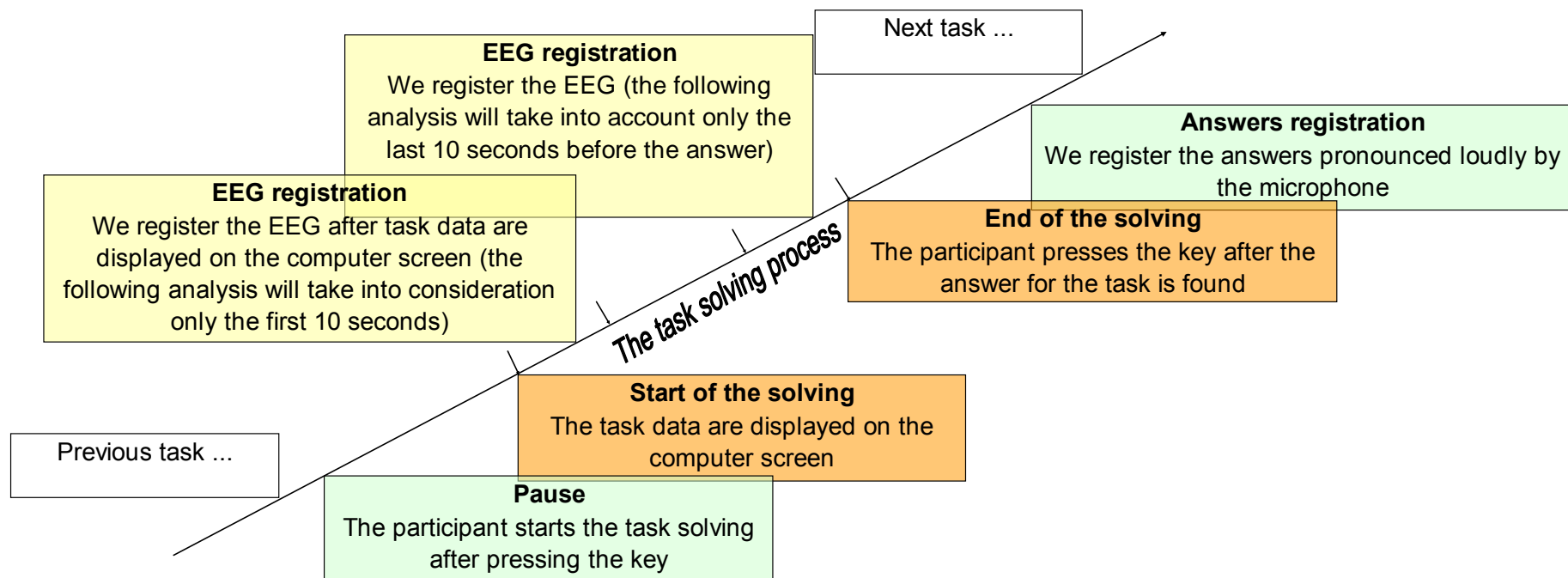
Обработка данных ЭЭГ осуществлялась с помощью вычисления мощностей в диапазонах основных ритмов (частотный диапазон) (дельта- ( $\Delta$ ), тета- ( $\Theta$ ), альфа- ( $\alpha$ ), бета<sub>1</sub>- ( $\beta_1$ ), бета<sub>2</sub>- ( $\beta_2$ ) гамма- ( $\gamma$ ) ритмы)

Спектральный анализ: WinEEG. Анализу подвергались первые и последние 5 с записи, отобранные из каждого фрагмента ЭЭГ. При проведении многомерного многофакторного дисперсионного анализа с повторяющимися измерениями (MANOVA repeated measures, Post-hoc критерий Fisher LSD) исследовалось влияние следующих факторов:

- «успешность решения конкретной задачи»
- «тип задачи»
- «общая успешность решения»
- «этап решения»

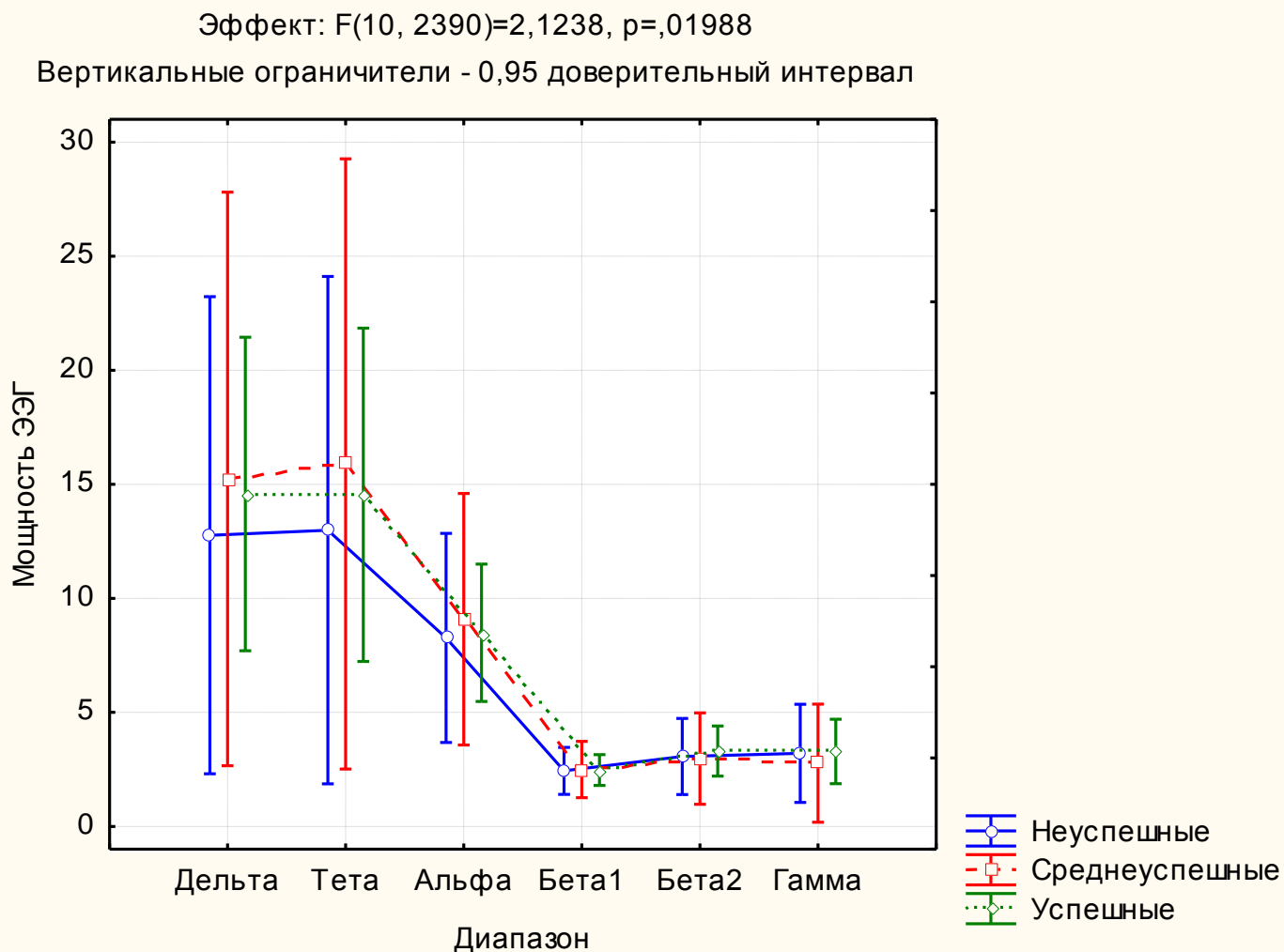
# Эксперимент

- Испытуемому в процессе регистрации ЭЭГ предъявляются условия 33 задач
- В конце решения испытуемый нажимает кнопку и после остановки записи ЭЭГ называет ответ.
- В результате у каждого анализируются 33 фрагмента ЭЭГ.
- В анализе участвуют первые и последние 10 секунд записанной ЭЭГ.



# Совместное влияние факторов «Успешность решения» и «Диапазон ЭЭГ»

Усредненные по всем отведениям мощности в диапазонах основных ритмов у испытуемых с разной степенью успешности



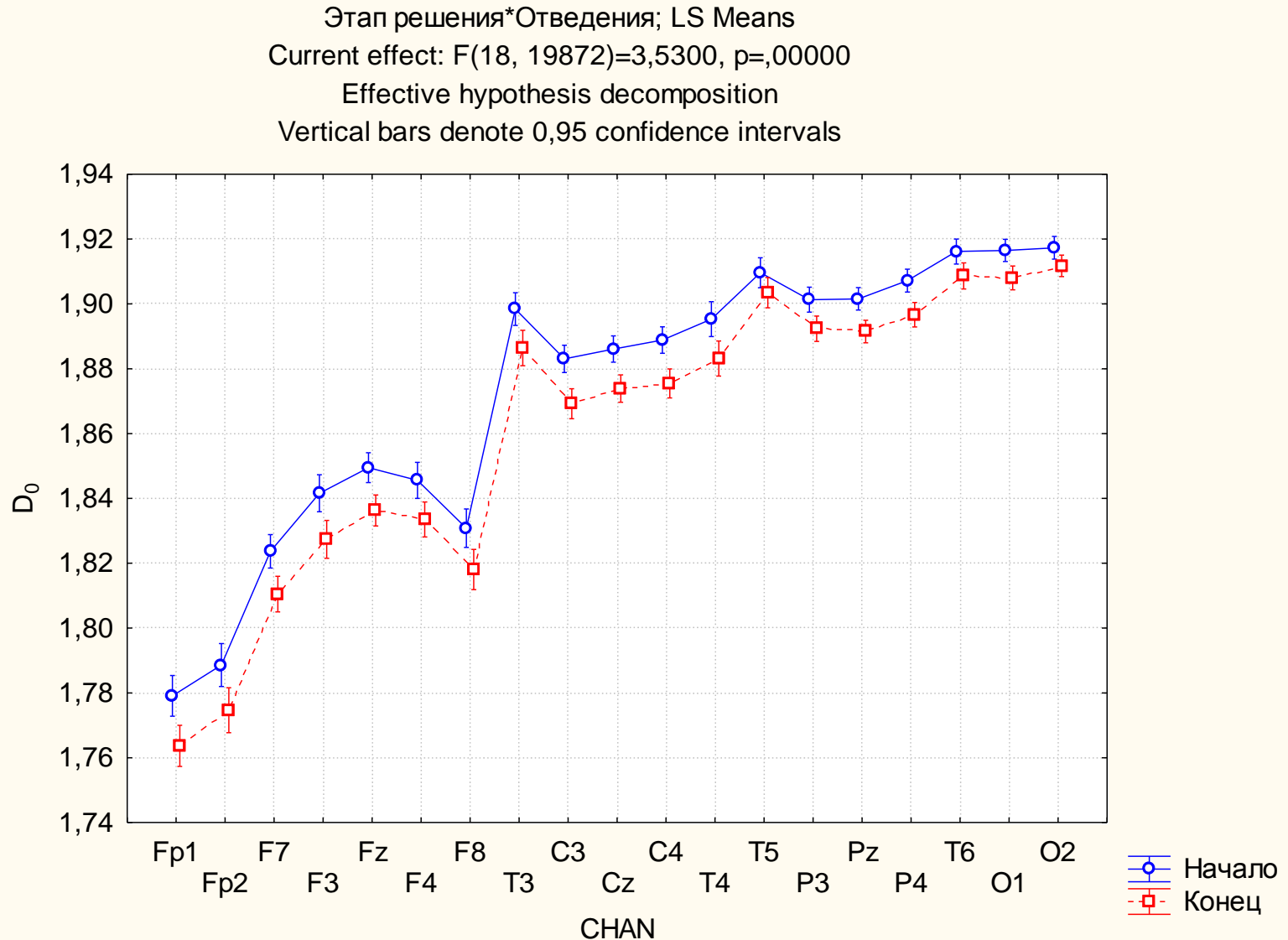
При успешном и неуспешном решении задач на понятийные преобразования у «высокоуспешных» испытуемых низкочастотная ритмика (дельта-, тета- и альфа-ритмы) больше по амплитуде, что свидетельствует о более упорядоченном состоянии мозга и меньших энергетических затратах, сопровождающих понятийные преобразования.

Объяснение: у «высокоуспешных» в большей мере сформированы концептуальные структуры, обеспечивающие совершение понятийных преобразований и переход мозга в «упорядоченное» (более синхронизированное и менее энергоемкое) состояние



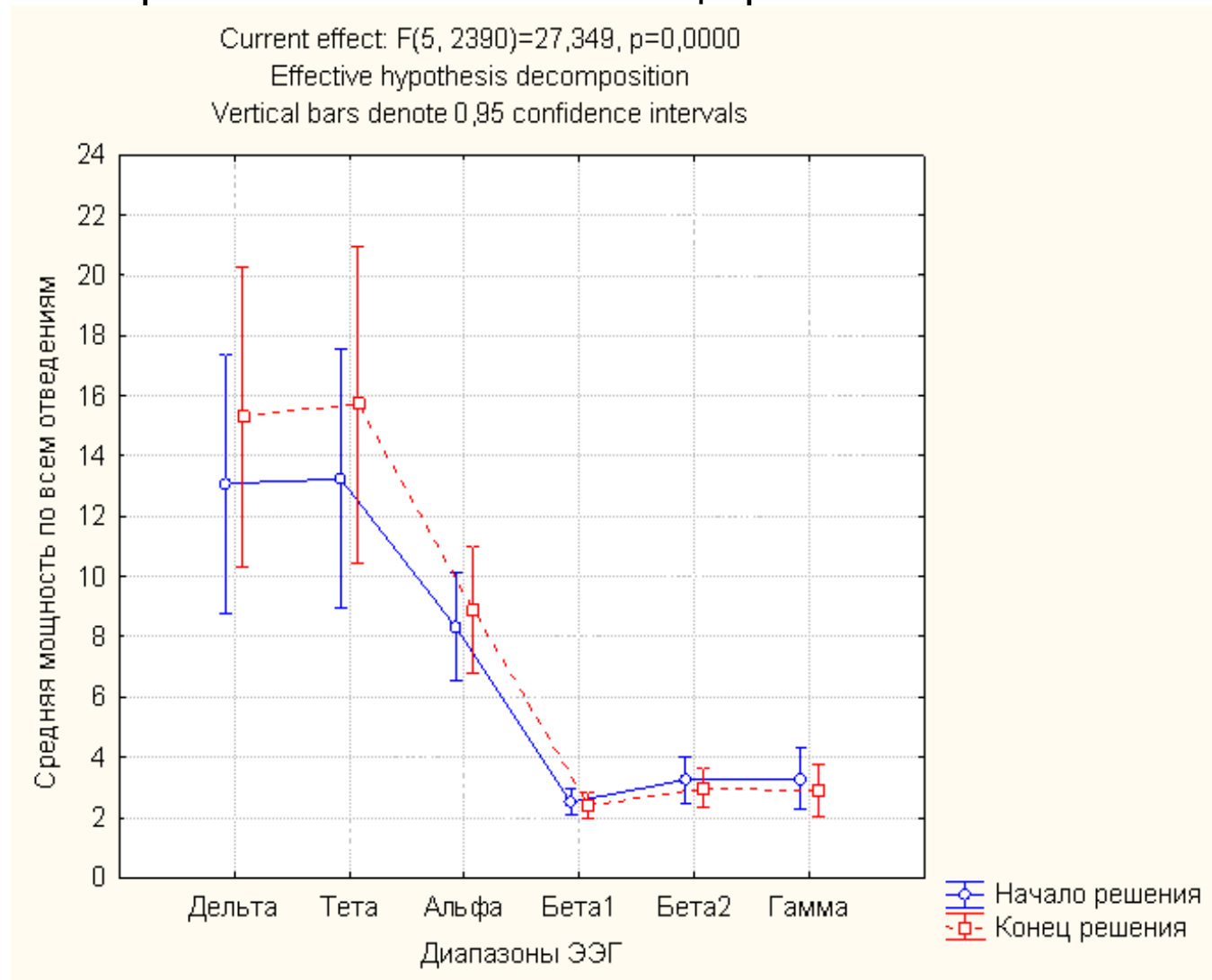
# Этап решения

Изменение фрактальной размерности, вычисленной по алгоритму Хигучи, в разных отведениях на разных этапах решения



# Совместное влияние факторов «Этап решения» и «Диапазон ЭЭГ»

Усредненные по всем отведениям мощности в диапазонах основных ритмов в начале и в конце решения



# Показатели ЧСС

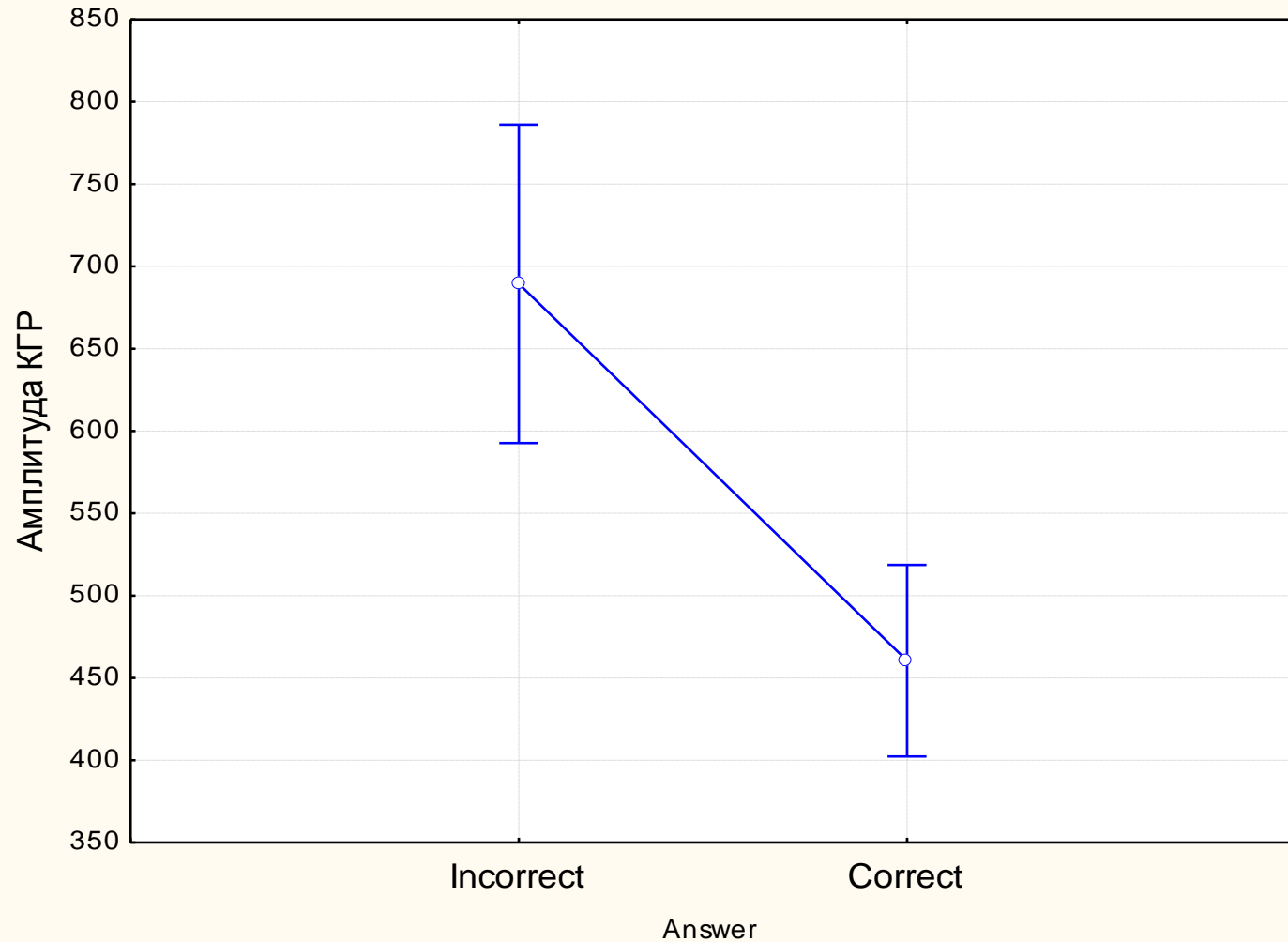
Во всех задачах при правильном решении R-R – интервал увеличивается относительно фона (сердце в среднем начинает биться реже);

при неправильном решении сердце бьется чаще ( $p < 0.007$ ).

При правильном решении задачи в единицу времени затрачивается меньше энергии (потребляется меньше кислорода), т.е. продуктивная когнитивная деятельность обеспечивается меньшим ментальным усилием, чем непродуктивная.

# Показатели КГР

Factor: Correctness of the task solving  
Wilks lambda=,93554, F(13, 687)=3,6411, p=,0  
Effective hypothesis decomposition  
Vertical bars denote 0,95 confidence interval



Все параметры КГР: значимые различия между показателями, соответствующими успешно (или частично успешно) и неуспешно решенным задачам.

Связь показателей высокой интеллектуальной эффективности (лучшей сформированности концептуальных структур) с ее меньшей энергозатратностью.

# Исследование 4: Энергетическая составляющая когнитивного стиля «импульсивность/рефлексивность»

(М.А.Холодная, М.А. Паповян)

**Гипотеза:** «рефлексивные» испытуемые, затрачивающие наибольшие ментальные усилия при сканировании перцептивного поля, будут характеризоваться наибольшими энергетическими затратами в процессе принятия решения.

Методика «Сравнение похожих рисунков» Дж. Кагана (кластерный анализ показателей для учета эффекта расщепления стилевых полюсов).

Методика регистрации кожно-гальванической реакции (КГР) В.В. Суходоева.

**Выборка:** 31 человек

Две субгруппы: «рефлексивные» и «импульсивные»:

различия ( $p \leq 0.01$ ) по двум показателям КГР: общее количество активаций и суммарное изменение уровня активации.

Рефлексивный способ переработки информации – более энергозатратная форма когнитивного функционирования по сравнению с импульсивным.

# Исследование 5: Способы экспликации индивидуального концептуального опыта

(М.В.Осорина, В.А. Устинова)

**Цель:** количественно оценить ответы испытуемых (их ментальный продукт) и описать процесс их ментальной работы, используя метод ретроспективного самоотчета

**Методики:** «Обобщение трех слов» (Холодная, 2012), «Часть – целое» и «Целое – часть» (Осорина, 2012), субтесты «Сходство» и «Словарный» из WAIS

Метод постэкспериментального интервью.



# Индивидуальные особенности понятийного мышления

(по итогам обработки интервью)

Метакогнитивные переживания

Ментальные репрезентации

Метакогнитивная регуляция

# Общее обсуждение

1. Чем сложнее когнитивная деятельность, тем в большей мере затрачиваются ментальные ресурсы (больше энергозатраты в терминах психофизиологических показателей).

Но: чем выше уровень организации концептуального опыта, тем меньше ментальных усилий будет затрачиваться при решении задач.

Соответственно, будет снижаться уровень активации в процессе соответствующей когнитивной деятельности

**2. Феномен «ментального усилия» –**  
посредник между продуктивностью  
интеллектуальной деятельности и уровнем  
активации?

Чем выше уровень ментальных усилий в  
ходе деятельности,  
тем выше проявления активации  
(начиная с температуры кожи, включая КГР и  
заканчивая ЭЭГ-активностью головного  
мозга).

### 3. Понятийное мышление как процесс минимизации ошибки (минимизации энергии)

#### Факты:

- ▶ от начала к концу процесса понятийных преобразований повышается уровень упорядоченности индивидуального концептуального опыта, что и проявляется в эффектах упрощения сигналов мозга.
- ▶ более выраженное снижение активации мозга у более успешных в понятийных преобразованиях испытуемых

Создание понятийного продукта, вне зависимости от степени его правильности, и более высокая успешность понятийных преобразований связаны с переходом мозга в более «упорядоченное» состояние, что может быть интерпретировано как **снижение его энергетического потенциала.**

# The neural efficiency hypothesis

чем выше уровень интеллектуальных ресурсов человека,

тем ниже показатели мозговой активности,

тем более автономно работают мозговые зоны (т.е. ниже показатели меры синхронности работы мозга)

Haier et al., 1992; Neubauer et al., 2002, 2005, 2009; Grabner et al., 2003, 2004, 2006; Рурма, 2005; Micheloyannis et al., 2006; del Percio, 2009

# ОБЩИЙ ВЫВОД

Более успешные испытуемые –

более сформированные концептуальные структуры (схемы) –

меньше ментальных усилий на переработку информации.

Более «экономичные» паттерны функциональной активности мозга?

**2011 – 2013**

опубликовано **36** научных работ  
(5 – в изданиях списка ВАК)

защищено **37** квалификационных работ  
(в т.ч. 2 кандидатские диссертации)

**Спасибо!**