



**Связь пространственно-временной  
структуры ЭЭГ с личностными  
характеристиками при выполнении  
простых когнитивных тестов**

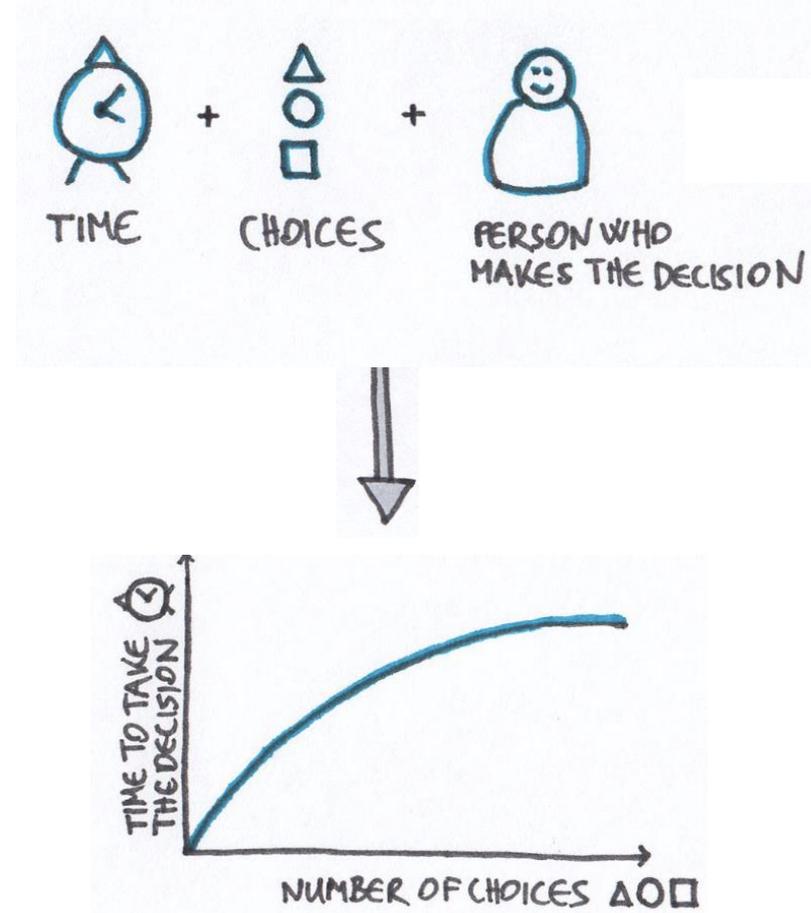
**Александр Храмов  
Лаборатория нейронауки и когнитивных  
технологий**

**[a.hramov@innopolis.ru](mailto:a.hramov@innopolis.ru)**



# Связь между интеллектом и личностными характеристиками

- Интеллект можно оценить, измерив скорость обработки информации.
  - Sheppard LD, Vernon PA. Intelligence and speed of information-processing: A review of 50 years of research. *Personality and Individual Differences*. 2008; 44(3):535–551
- Оценка времени реакции на выполнение элементарных когнитивных задач (paper-and-pencil tests) --> парадигма Хика (линейное соотношение между количеством обрабатываемой информации и временем реакции).
  - Hick WE. On the rate of gain of information. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*. 1952; 4 (1):11–26.
- Объем обрабатываемой информации может быть оценен, используя метод сканирования памяти Штернберга, согласно которому время реакции линейно увеличивается с размером набора памяти
  - Sternberg S. Memory-scanning: Mental processes revealed by reaction-time experiments. *American Scientist*. 1969; 57(4):421–457





# Связь между интеллектом и личностными характеристиками

- 16 Personality Factors questionnaire
  - Cattell RB, P Cattell HE. Personality structure and the new fifth edition of the 16PF. Educational and Psychological Measurement. 1995; 55(6):926–937
- Big Five Questionnaire
  - Digman JM. Personality structure: Emergence of the five-factor model. Annual Review of Psychology. 1990; 41(1):417–440
- **SoCan G, Bucik V. Relationship between speed of information-processing and two major personality dimensions-extraversion and neuroticism. Personality and Individual Differences. 1998; 25:35–48** → связь между скоростью обработки информации и двумя основными личностными измерениями, экстраверсией и невротизмом. Различные субразмерности экстраверсии и невротизма, которые включают в себя динамические, суррогатные и импульсивные поведенческие аспекты, имеют разные отношения со скоростью мер обработки информации.
- Например, степень экстраверсии сильно коррелирует со скоростью обработки информации, в случае невротизма аналогично с эмоциональным контролем.

# Связь между интеллектом и личностными характеристиками

- 16 Personality Factors questionnaire
  - Cattell RB, P Cattell HE. Personality structure and the new fifth edition of the 16PF. Educational and Psychological Measurement. 1995; 55(6):926–937
- Big Five Questionnaire
  - Digman JM. Personality structure: Emergence of the five-factor model. Annual Review of Psychology. 1990; 41(1):417–440
- **SoCan G, Bucik V. Relationship between speed of information-processing and two major personality dimensions-extraversion and neuroticism. Personality and Individual Differences. 1998; 25:35–48** → связь между скоростью обработки информации и двумя основными личностными измерениями, экстраверсией и невротизмом. Различные субразмерности экстраверсии и невротизма, которые включают в себя динамические, суррогатные и импульсивные поведенческие аспекты, имеют разные отношения со скоростью мер обработки информации.
- Например, степень экстраверсии сильно коррелирует со скоростью обработки информации, в случае невротизма аналогично с эмоциональным контролем.

# Связь между интеллектом и личностными характеристиками: ЭЭГ

- Houlihan M, Stelmack R, Campbell K. Intelligence and the effects of perceptual processing demands, task difficulty and processing speed on P300, reaction time and movement time. *Intelligence*. 1998; 26 (1):9–25 → связанные с событиями потенциалы (ERP) во время задачи сканирования памяти Штернберга. Связь задержки компонента P300 с относительной скоростью обработки информации, наличие отрицательную связь между латентностью ERP и умственными способностями.
- Euler MJ, McKinney TL, Schryver HM, Okabe H. ERP correlates of the decision time-IQ relationship: The role of complexity in task-and brain-IQ effects. *Intelligence*. 2017; 65:1–10 → повторение экспериментов Хика с ЭЭГ → некоторые особенности ERP сильно коррелируют со временем принятия решения.

# Роль простых когнитивных задач для изучения взаимосвязи между личностными характеристиками и интеллектом

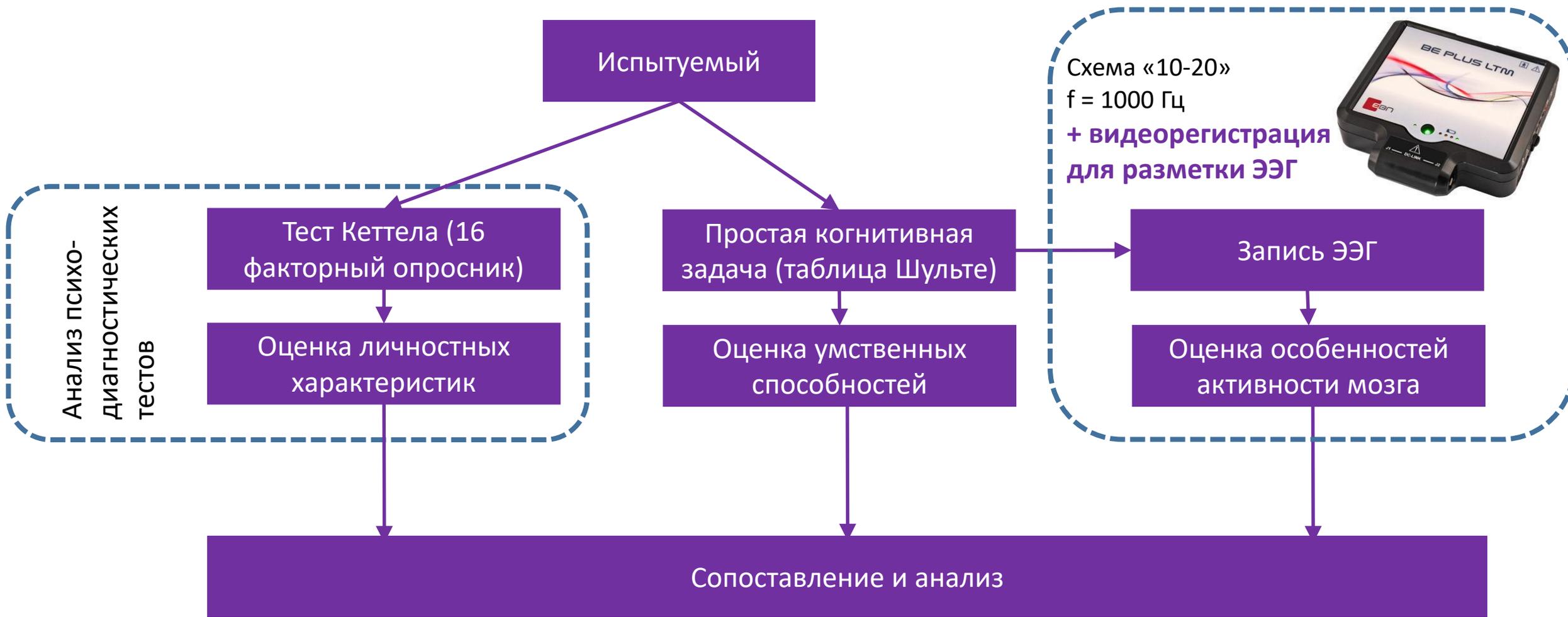
- Простые когнитивные задачи.

Связаны ли простые когнитивные задачи со сложными факторами человеческой личности?

Простые когнитивные задачи индуцируют несколько сложных когнитивных процессов в мозге, таких как внимание, восприятие, принятие решений и т. д.

Изучение взаимосвязи между личностными факторами и умственной скоростью требует рассмотрения реакции мозга на простые когнитивные задачи на основе детального анализа нейрофизиологической активности мозга

# Схема исследования

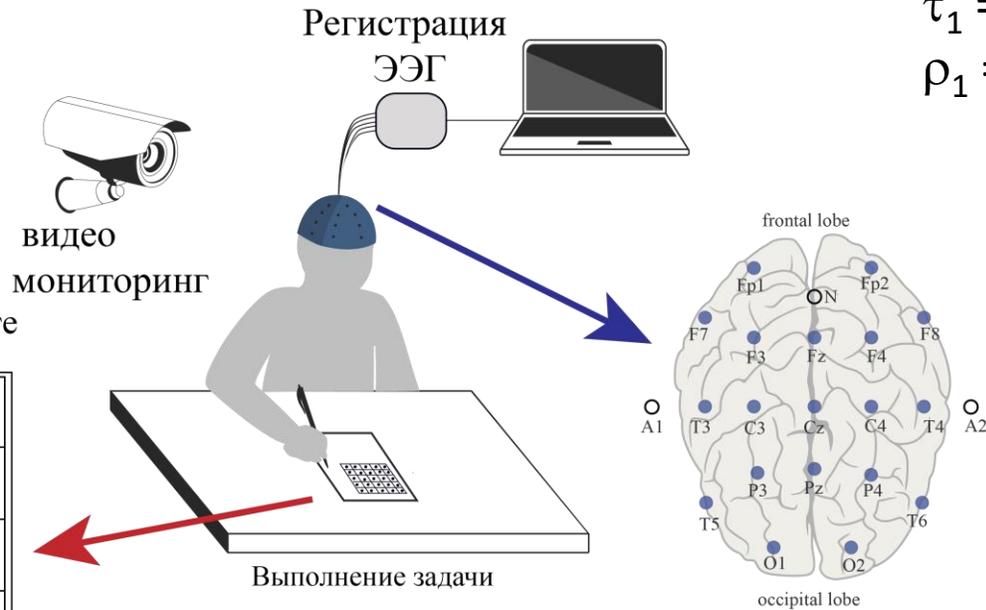


# Фаза нейрофизиологического эксперимента

22 испытуемых

$\tau_1 = 30-50$  с

$\rho_1 = 10$  с



Пример таблицы Шульте

17	9	24	25	12
8	6	1	15	7
23	21	19	3	11
20	13	4	16	5
2	14	10	18	22

Выполнение  
таблицы Шульте

17	9	24	25	12
8	6	1	15	7
23	21	19	3	11
20	13	4	16	5
2	14	10	18	22

активная фаза

$\tau_1$

Ожидание  
следующей  
задачи

фаза ожидания

$\rho_1$

Выполнение  
таблицы Шульте

6	22	24	4	1
8	19	7	2	23
13	15	18	17	16
3	20	11	10	12
14	5	21	9	25

активная фаза

$\tau_R$

Ожидание  
следующей  
задачи

фаза ожидания

$\rho_R$

$t$

# Анализ электрической активности мозга

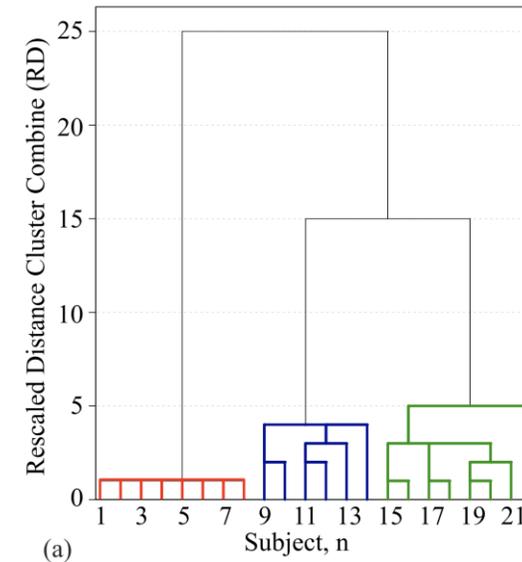
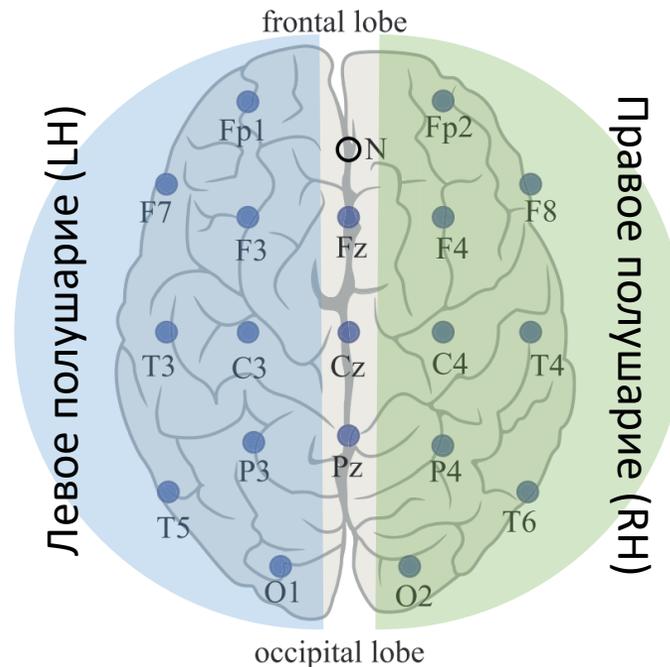
$$\epsilon_{LH} = \frac{1}{N_{LH}} \sum_n \frac{E_{HF}^n}{E_{LF}^n}, \quad n = \{Fp1, F3, F7, C3, T3, P3, T5, O1\}, \quad N_{LH} = 8,$$

$$\epsilon_{RH} = \frac{1}{N_{RH}} \sum_n \frac{E_{HF}^n}{E_{LF}^n}, \quad n = \{Fp2, F4, F8, C4, T4, P4, T6, O2\}, \quad N_{RH} = 8.$$

$$E_{HF}^n(t) = \frac{1}{\Delta f} \int_{f > 10\text{Hz}} E^n(f, t) df,$$

$$E_{LF}^n(t) = \frac{1}{\Delta f} \int_{f < 10\text{Hz}} E^n(f, t) df.$$

$$\epsilon^n = E_{HF}^n / E_{LF}^n,$$



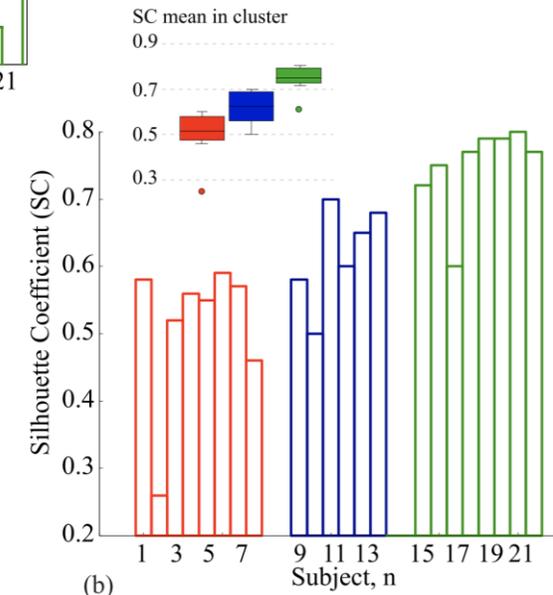
(a)

набор данных  
( $\epsilon_{LH}$ ,  $\epsilon_{RH}$ )

дендограмма,  
иллюстрирующая  
результаты иерархического  
кластерного анализа

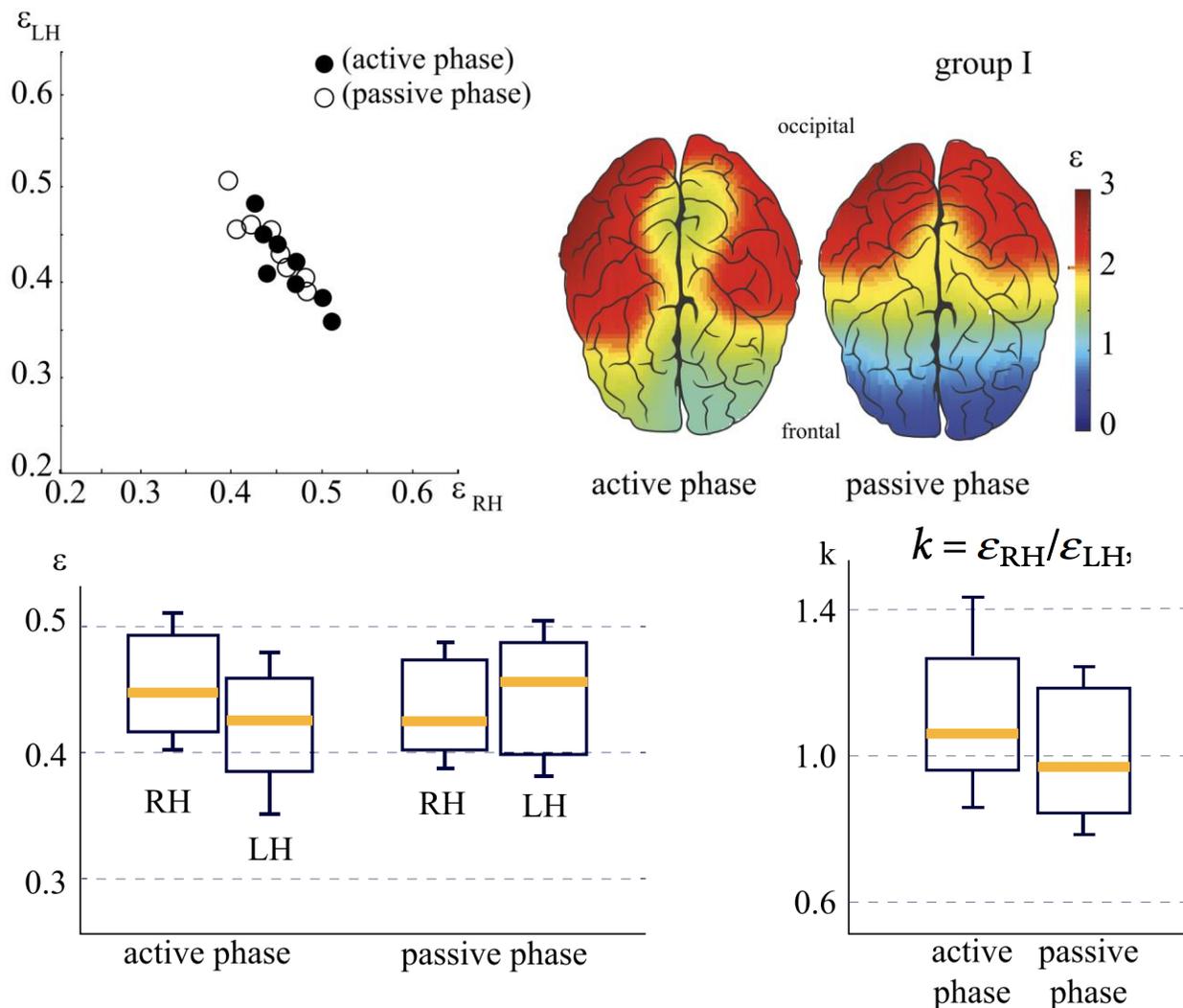
Коэффициенты силуэта для  
всех 22 испытуемых  
(гистограмма)

Средний коэффициент  
силуэта для каждого из трех  
кластеров (врезка).



(b)

# Три сценария когнитивной активности в течении решения таблицы Шульце



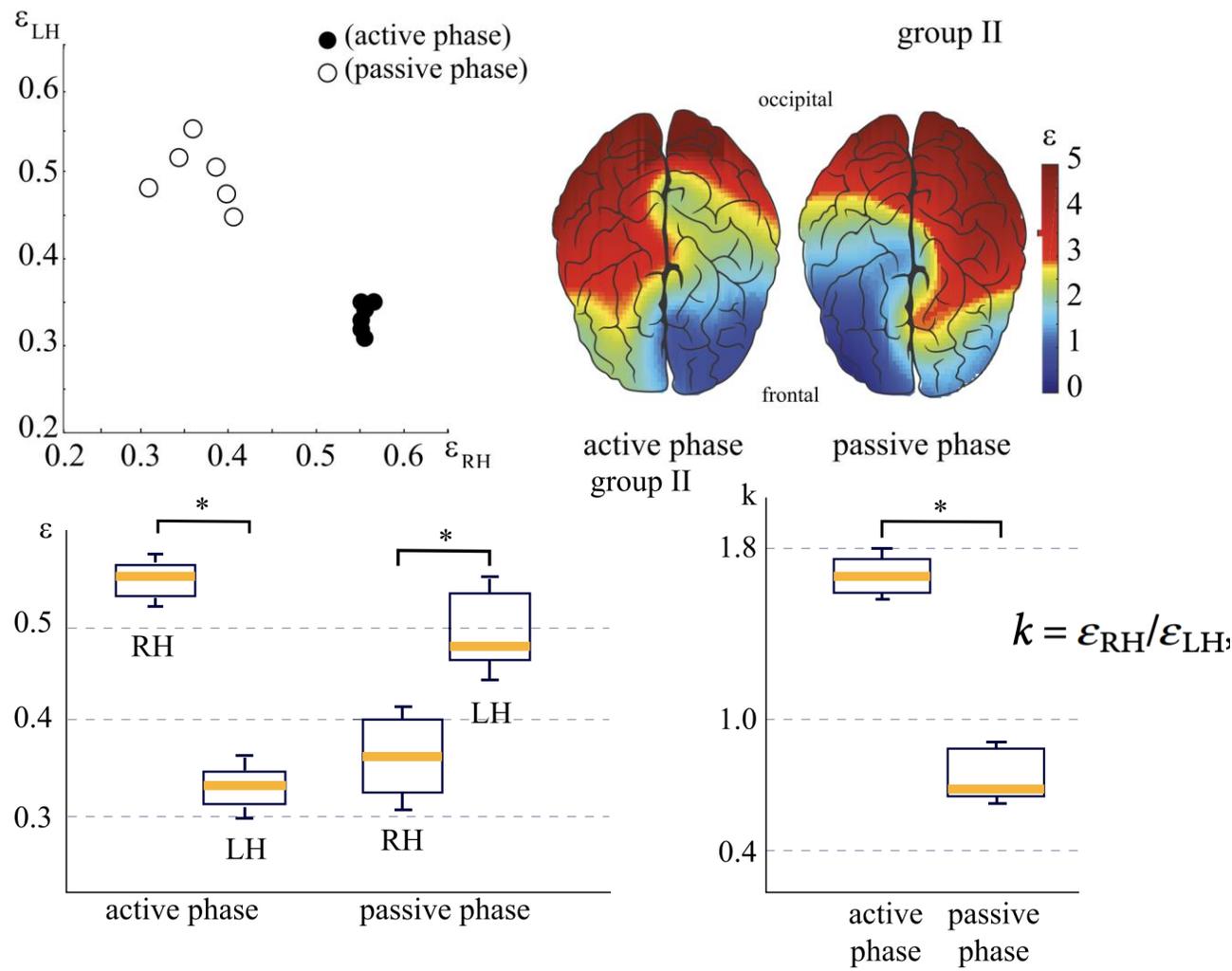
Статистический анализ базируется на многомерном дисперсионном анализ (MANOVA)

$\epsilon_{RH}$  и  $\epsilon_{LH}$  имеют практически одинаковые значения в активной и пассивной фазах

активность мозга в активной фазе характеризуется симметрией полушария, тогда как в пассивной фазе симметрия полушария сохраняется, хотя пространственно-временная структура изменяется

# Три сценария когнитивной активности в течении решения таблицы Шульце

Статистический анализ базируется на многомерном дисперсионном анализ (MANOVA)

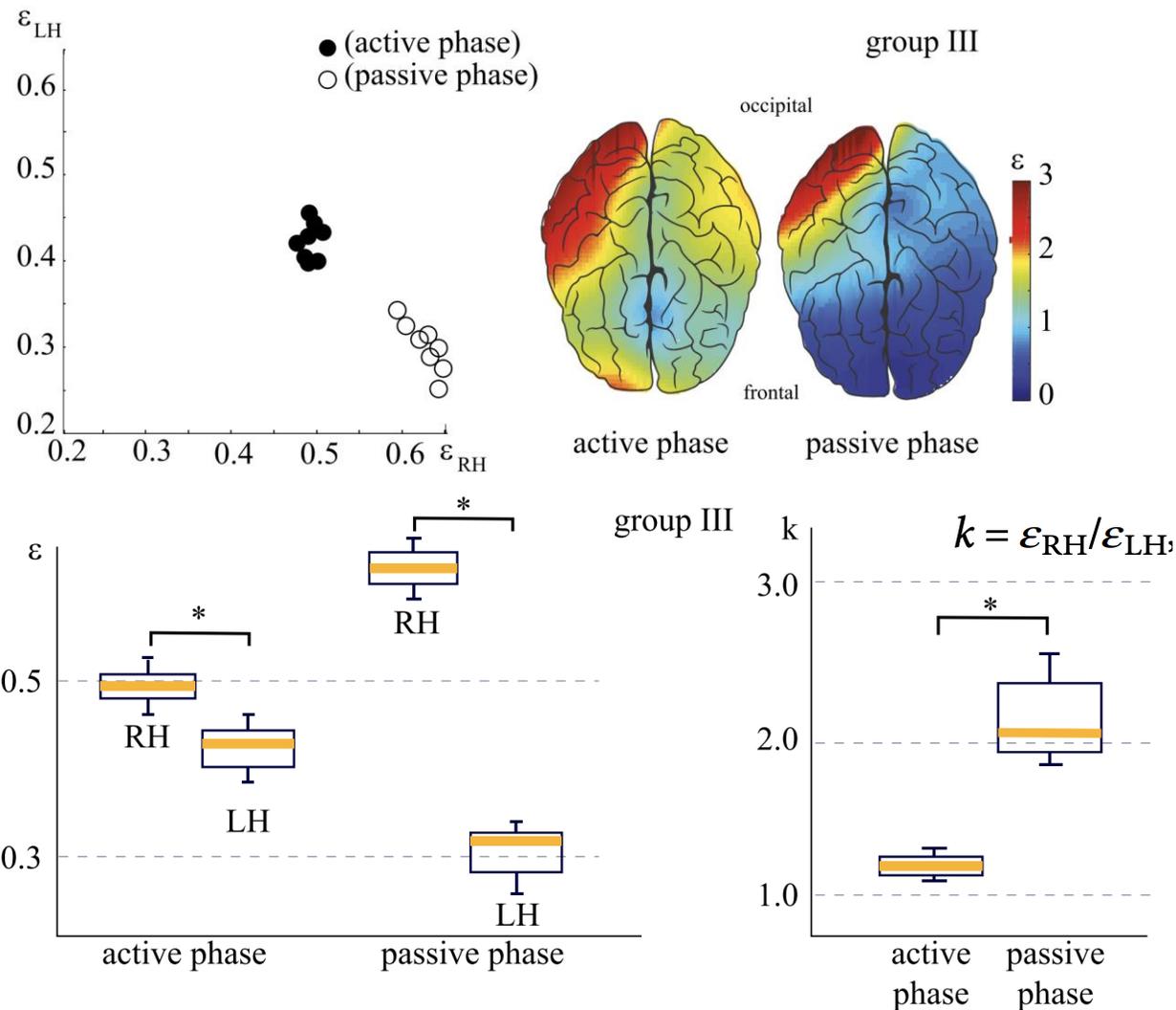


активная фаза связана с увеличением высокочастотной активности в правом полушарии, а пассивная фаза с увеличением высокочастотной активности в левом полушарии

асимметрия работы полушарий как в активной, так и в пассивной фазах. Характер асимметрии в этих фазах различен: ВЧ активность преобладает в правом полушарии во время активной фазы и перемещается в левое полушарие во время пассивной фазы

# Три сценария когнитивной активности в течении решения таблицы Шульце

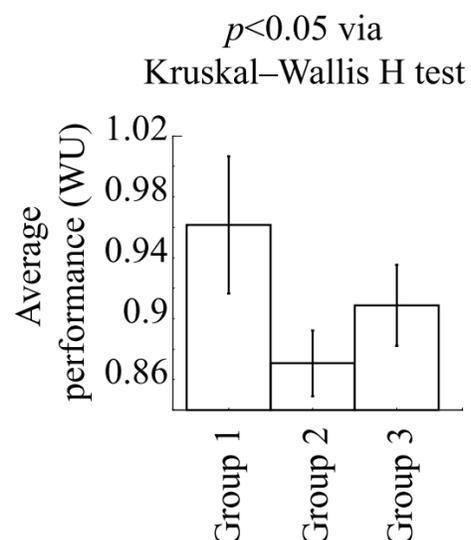
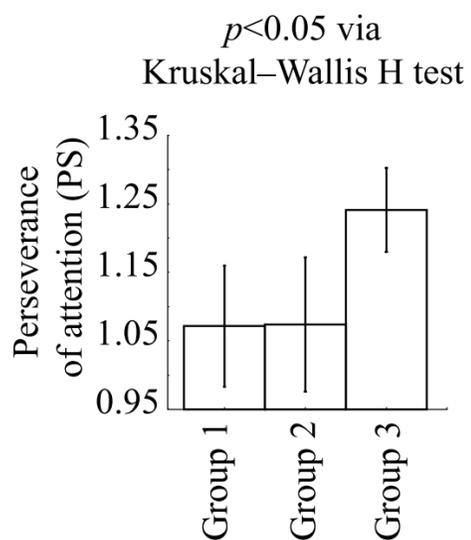
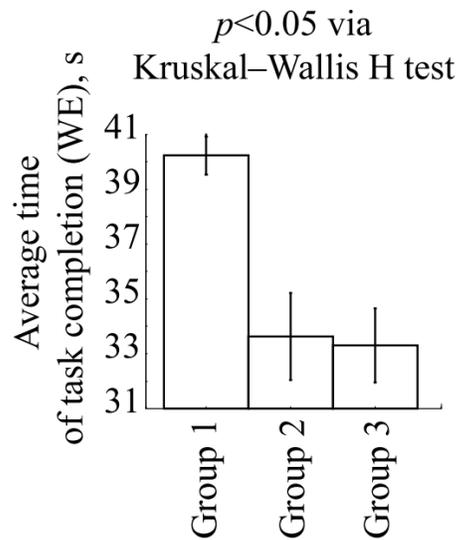
Статистический анализ базируется на многомерном дисперсионном анализ (MANOVA)



переход от активной к пассивной фазе связан с выраженным увеличением  $\epsilon_{RH}$  и уменьшением  $\epsilon_{LH}$

асимметрия полушарий во время активной и пассивной фаз. Характер асимметрии остается одинаковым в обеих фазах: доминирование высокочастотной активности в правом полушарии.

# Анализ психо-диагностических тестов

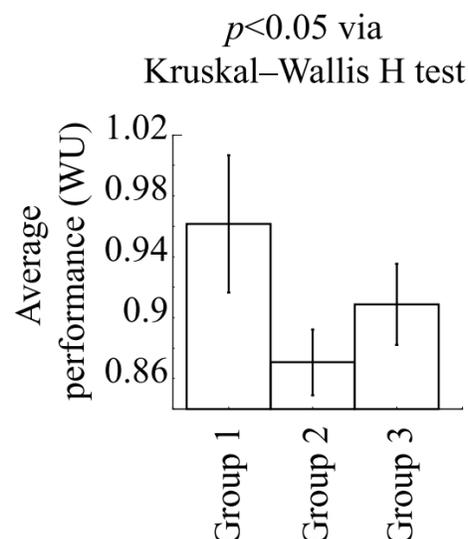
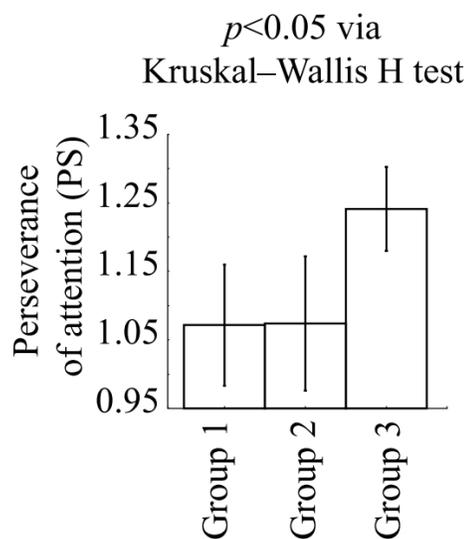
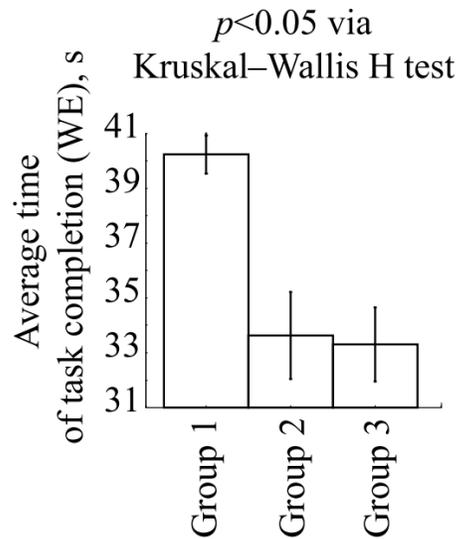


$$\mathbf{WE} = \frac{\tau_1 + \tau_2 + \dots + \tau_R}{R}, \quad \text{Эффективность}$$

$$\mathbf{WU} = \frac{\tau_1}{\mathbf{WE}}, \quad \text{Врабатываемость}$$

$$\mathbf{PS} = \frac{\tau_{R-1}}{\mathbf{WE}}. \quad \text{Психологическая устойчивость}$$

# Анализ психо-диагностических тестов



$$WE = \frac{\tau_1 + \tau_2 + \dots + \tau_R}{R}, \quad \text{Эффективность}$$

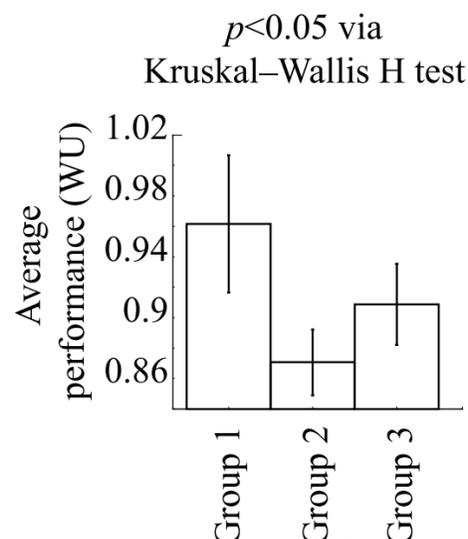
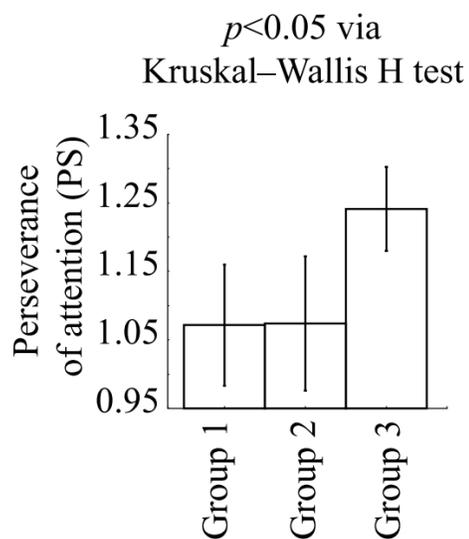
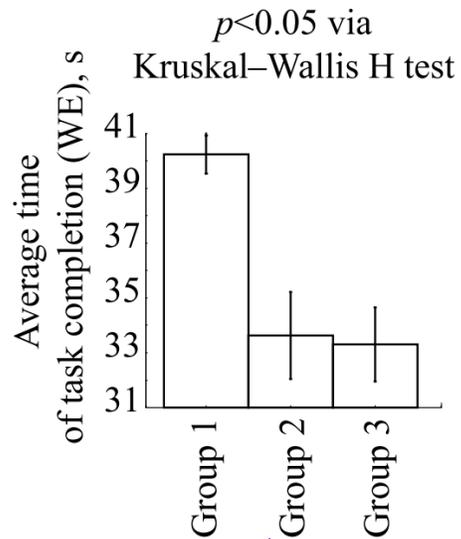
$$WU = \frac{\tau_1}{WE}, \quad \text{Врабатываемость}$$

$$PS = \frac{\tau_{R-1}}{WE}. \quad \text{Психологическая устойчивость}$$

билатеральная ЭЭГ  
активность. демонстрируют  
низкую эффективность  
решения задачи

высокая эффективность  
переключения на новую  
задачу

# Анализ психо-диагностических тестов



$$WE = \frac{\tau_1 + \tau_2 + \dots + \tau_R}{R}, \quad \text{Эффективность}$$

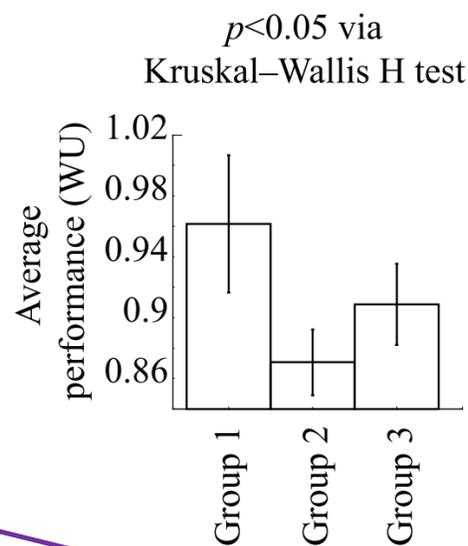
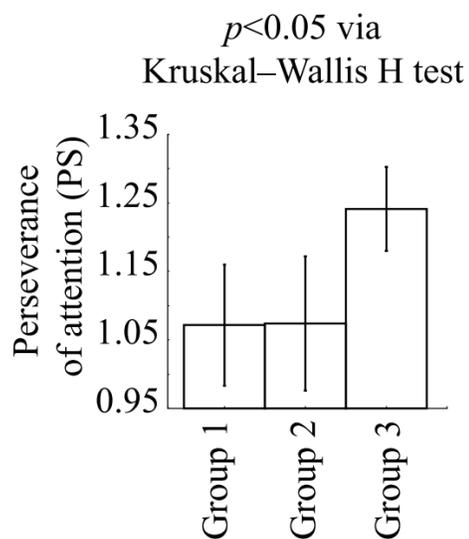
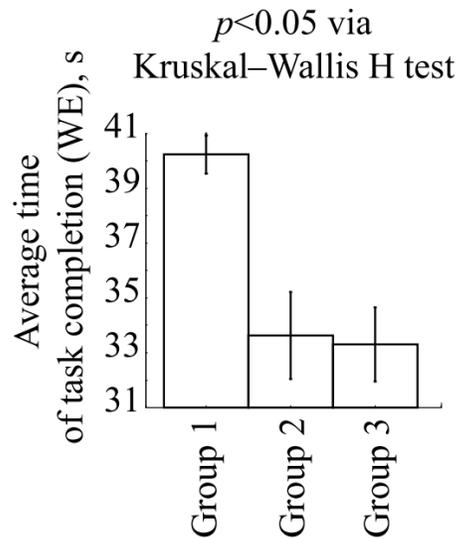
$$WU = \frac{\tau_1}{WE}, \quad \text{Врабатываемость}$$

$$PS = \frac{\tau_{R-1}}{WE}. \quad \text{Психологическая устойчивость}$$

Испытуемые пытались разработать стратегию для упрощения выполнения задачи. При выполнении 1й задачи активность в правом полушарии была гораздо более выраженной. В следующих заданиях нагрузка в правом полушарии была уменьшена.

Требовалось мало времени для адаптации, и они не утомлялись, будучи способными эффективно поддерживать высокую эффективность работы в течение длительного времени.

# Анализ психо-диагностических тестов



$$WE = \frac{\tau_1 + \tau_2 + \dots + \tau_R}{R}, \quad \text{Эффективность}$$

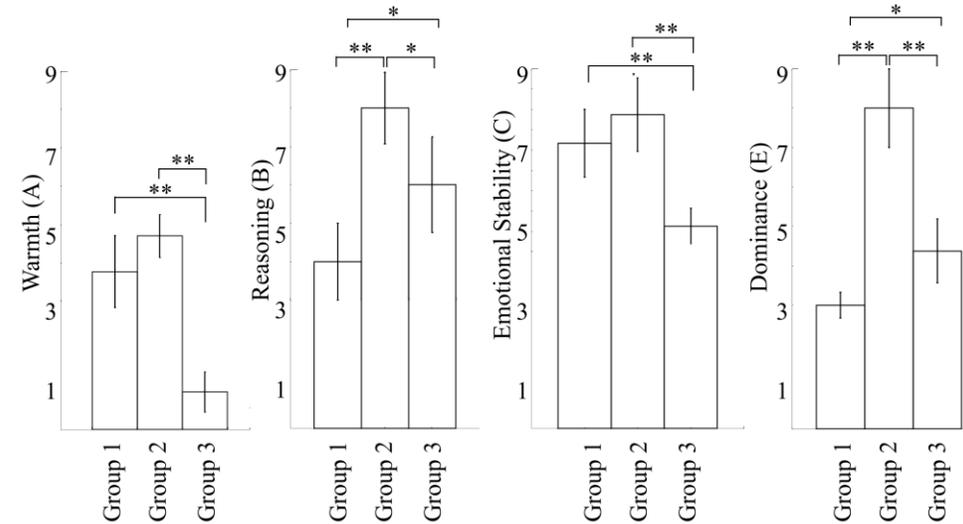
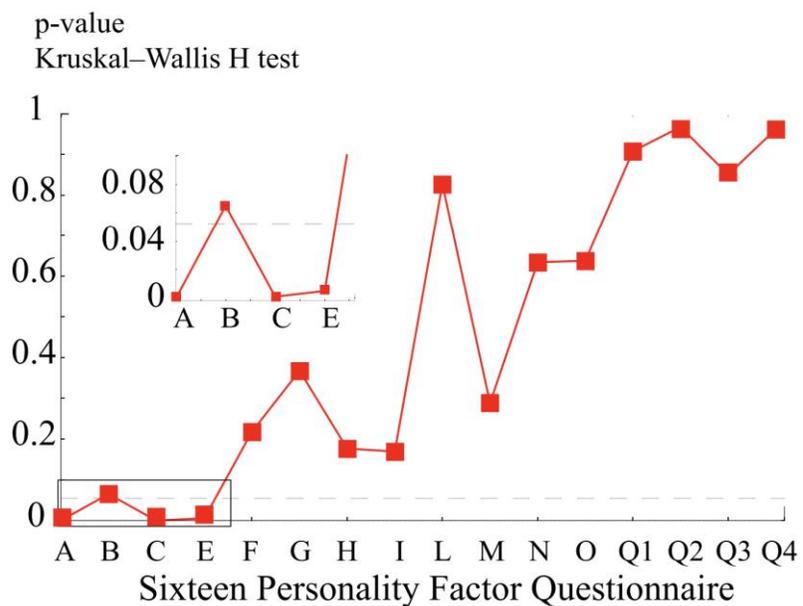
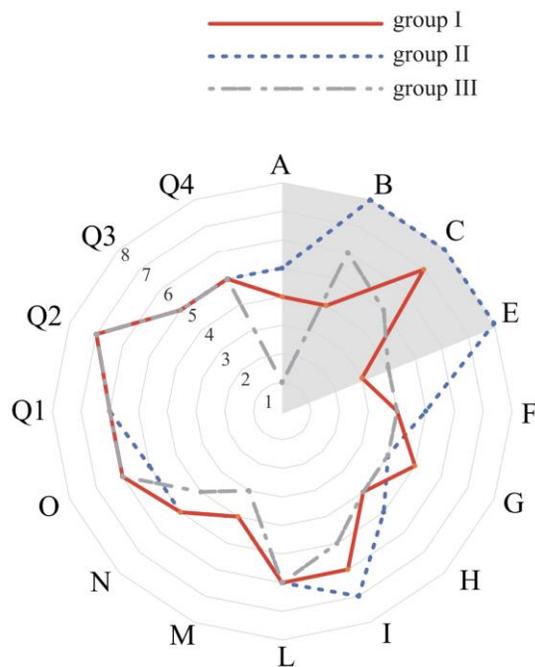
$$WU = \frac{\tau_1}{WE}, \quad \text{Врабатываемость}$$

$$PS = \frac{\tau_{R-1}}{WE}. \quad \text{Психологическая устойчивость}$$

Испытуемые из группы III выполнили задачу без каких-либо попыток разработать стратегию для ее упрощения. Их эффективность работы оставалась высокой

Мы предполагаем, что испытуемые из этой группы испытывают трудности в поддержании высокой работоспособности в течение длительного времени.

# Корреляция с личностными чертами



A – открытость/замкнутость

B – развитое/ограниченное мышление

C – эмоциональная стабильность/неустойчивость

E – независимость/податливость

# Выводы

- Согласно результатам классификации личности на основе психодиагностического теста, различные особенности структуры ЭЭГ, а именно латерализация и соотношение энергии высокочастотных и низкочастотных компонент ЭЭГ, коррелируют с различными личностными качествами.
- Были идентифицированы три группы субъектов со схожими личными характеристиками, при этом динамика ЭЭГ демонстрировала один и тот же сценарий внутри каждой группы.
  - Vingiano W. Hemisphericity and personality. International Journal of Neuroscience. 1989; 44(3-4):263– 274.
- Наши результаты согласуются с гипотезой о существовании связи между полушарием мозга и личностью.
  - Pavlenko V, Chernyi S, Goubkina D. EEG correlates of anxiety and emotional stability in adult healthy subjects. Neurophysiology. 2009; 41(5):337–345 →
- связанные с тревогой свойства личности, оцененные с помощью опросника Кеттела, коррелируют со спектральной плотностью мощности ритмов ЭЭГ, в частности, бета-1 и бета-2. Авторы утверждают, что интенсивный ритм бета-ЭЭГ коррелирует с высокой ситуативной и индивидуальной тревожностью. Эмоциональная стабильность ассоциируется с мощностью альфа ритма