

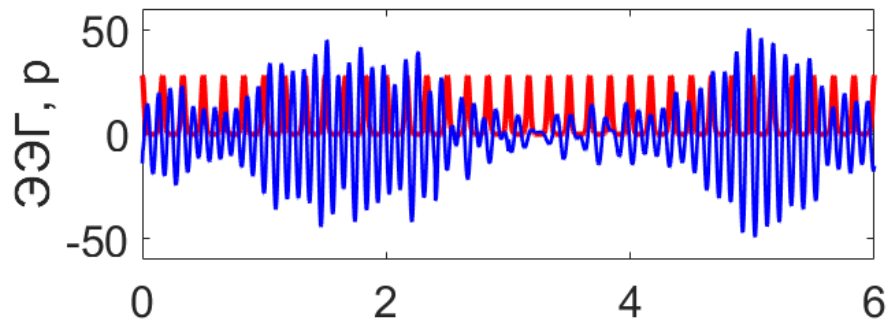
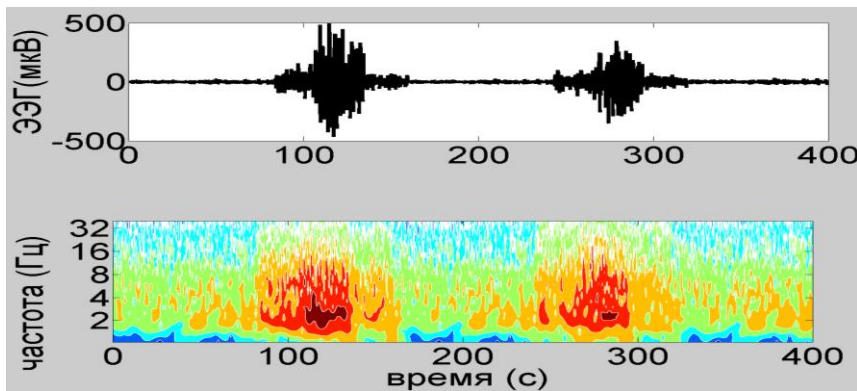
Частотный анализ ритмов мозга и сердца в условиях гипервентиляции

кафедра высшей математики и механики

аспирант *Титов Вадим Евгеньевич*

научный руководитель

доцент *Дик Ольга Евгеньевна*



При сосудистой патологии форсированное дыхание

может провоцировать транзиторную ишемию

[Gnezditsky V.V., Koshurnikova E.E., Korepina O.S., et al. Functional diagnostics 2 (2010) 1-18]

Из-за variabilityности ответа мозга на гипервентиляционную пробу

интерпретация результатов может быть неоднозначной

[Goldenson E.S., Legatt A.D., Koszer S. et al. Future Publ. Co. (1999) 382 p]

Дополнительную информацию дает одновременный анализ

биоэлектрической активности мозга и сердца в виде ЭЭГ и ЭКГ с

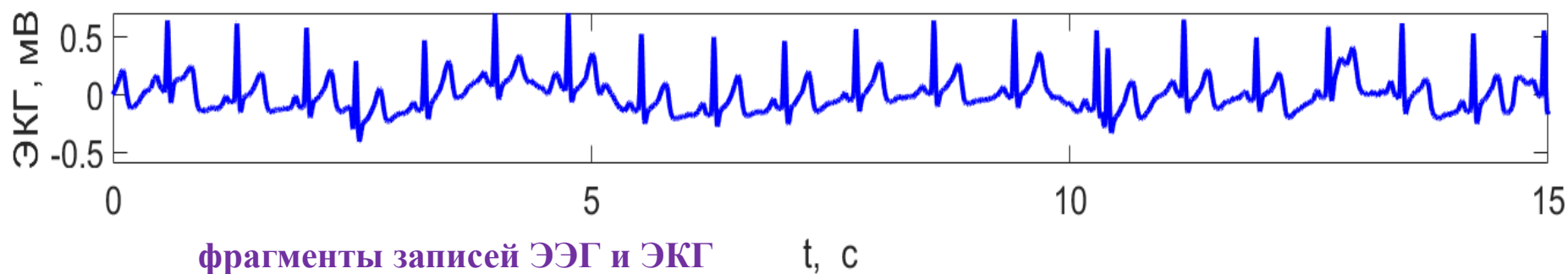
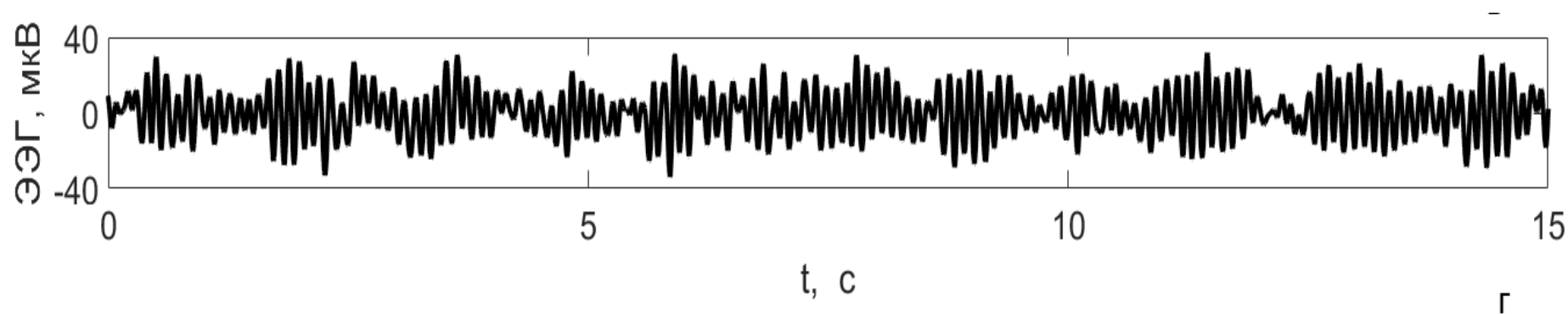
последующим анализом динамики частот

Цель работы:

оценка **отношения мгновенных частот**
в низкочастотных составляющих ЭЭГ и
временной последовательности *RR* интервалов,
извлеченных из ЭКГ,
у пациентов с **сосудистой патологией мозга**
различной степени тяжести
до и во время **гипервентиляционной нагрузки**

Экспериментальные данные

- ЭЭГ и ЭКГ двух групп
- с вегето-сосудистой дистонией (**группа I**)
- с вертебрально-базилярной недостаточностью, развившейся в результате шейного остеохондроза (**группа II**)

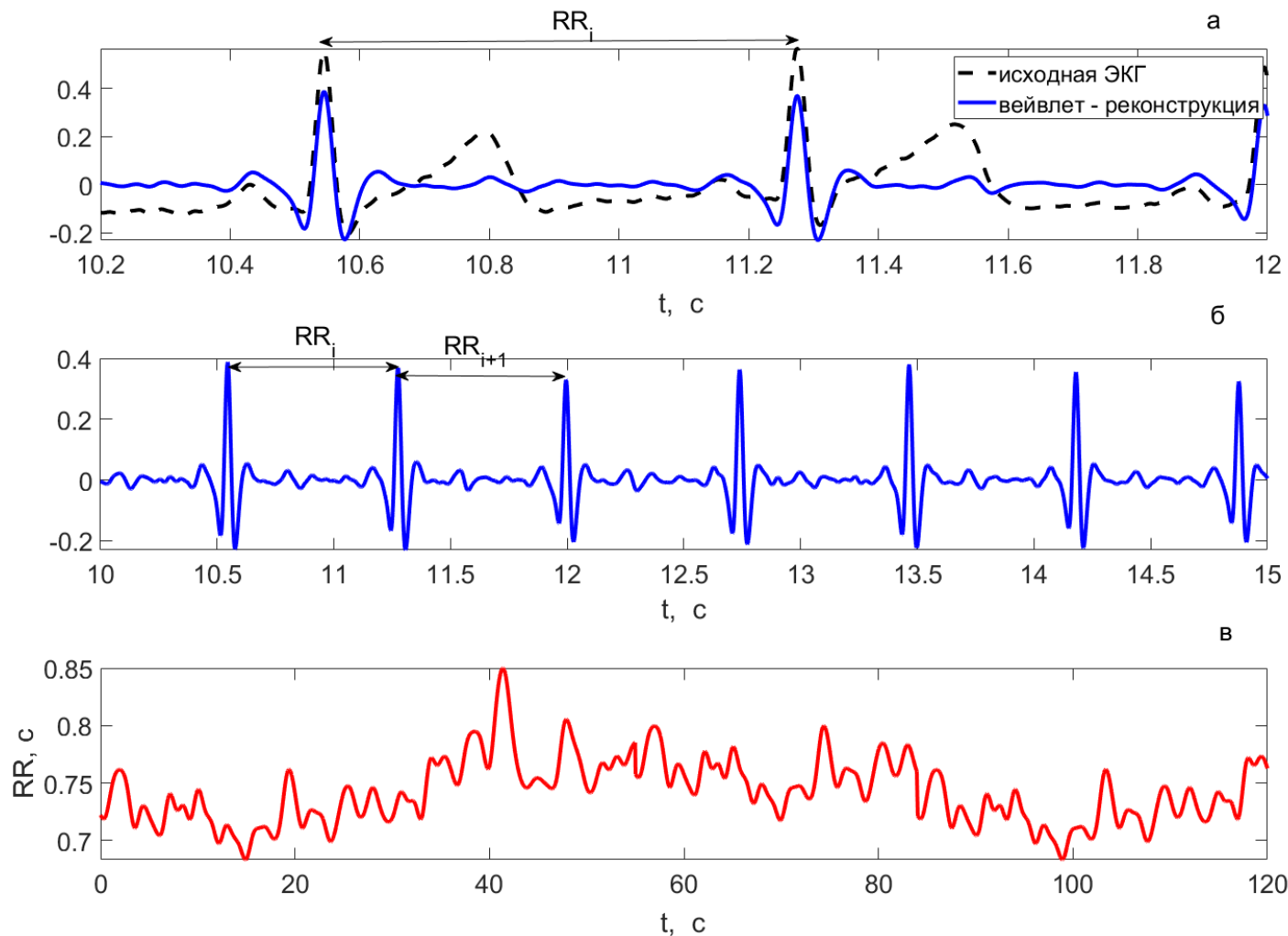


Вычисление variability сердечного ритма (ВСР)

Извлечение из ЭКГ последовательности RR интервалов

с помощью вейвлет-преобразования с базисным вейвлетом sym4 ,

по форме напоминающим QRS комплекс



- Фильтрация ЭЭГ с полосой пропускания [0,04–0,45] Гц
- Для оценки отношения мгновенных частот паттернов ЭЭГ в дельта диапазоне и в последовательности ВСР применен **метод синхросжатого вейвлет-преобразования (SWT) сигнала $s(t)$**

$$T_s(\omega_l, b) = \frac{1}{\Delta\omega} \sum_{a_k} W_s(a_k, b) a^{-3/2} \Delta a_k, \quad a_k : |\omega(a_k, b) - \omega_l| \leq \Delta\omega / 2,$$

$$W_s(a, b) = \frac{1}{a} \int_{-\infty}^{+\infty} s(t) \bar{\psi}\left(\frac{t-b}{a}\right) dt,$$

Извлечение **гребня из SWT** сводится к решению задачи оптимизации штрафной функции

$$P(\omega_r) = -\int |T_s(\omega_r(b), b)|^2 db + 0.01 \int \left[\left(\frac{d\omega_r(b)}{db} \right)^2 + \left(\frac{d^2\omega_r(b)}{d^2b} \right)^2 \right] db$$

- На основании полученных **гребней** вычисляется **мгновенная частота**

$$f_s(b) = \omega_r(b) / 2\pi$$

=> **Отношение мгновенных частот** сигналов ЭЭГ и ВСР

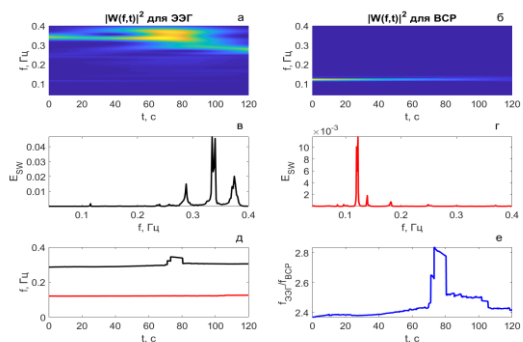
$$f_{\text{ЭЭГ}} / f_{\text{ВСР}}$$

=> **Время** (t_{cor}) **возникновения корреляции**
мгновенных частот **дельта диапазона ЭЭГ и ВСР**

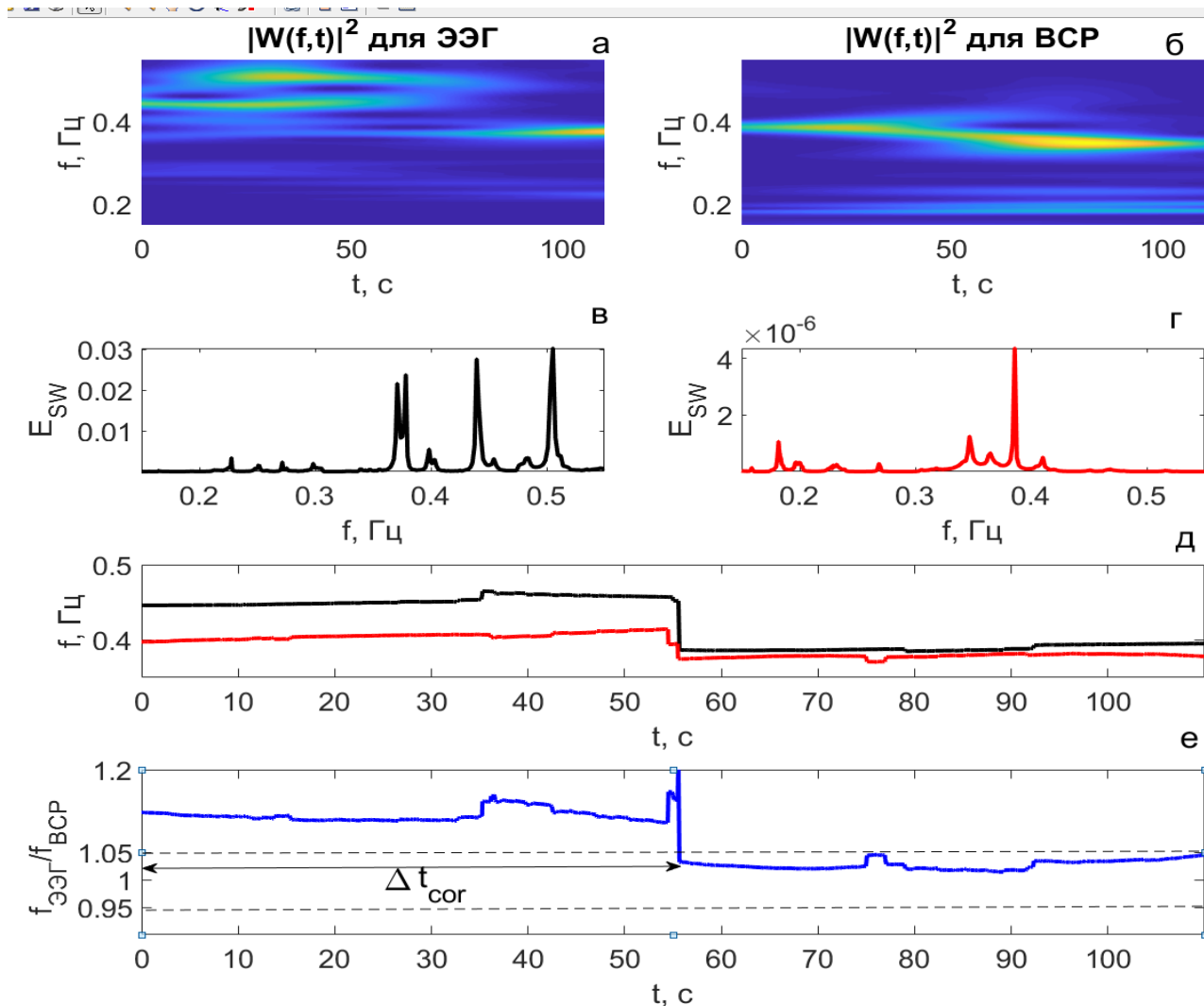
- интервал времени, в течение
которого после начала гиперполяризационной
пробы устанавливается соотношение:

$$0.95 \leq f_{\text{ЭЭГ}} / f_{\text{ВСР}} \leq 1.05$$

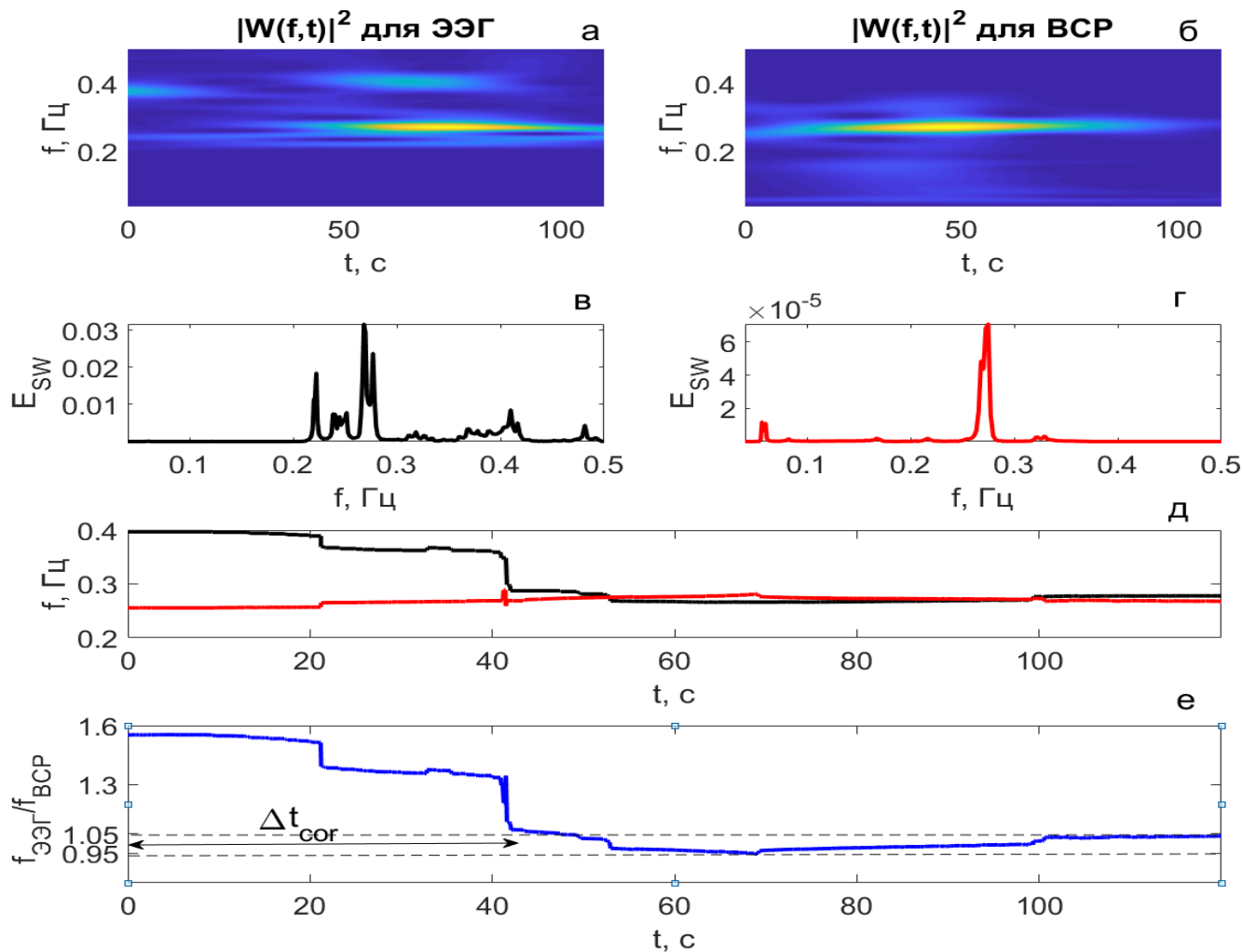
Отсутствие взаимосвязей между мгновенными частотами дельта-диапазона ЭЭГ и ВСР для пациента из группы I до гипервентиляции



Наличие взаимосвязей между мгновенными частотами дельта-диапазона ЭЭГ и ВСР для пациента из группы I во время гипервентиляции



Наличие взаимосвязей между мгновенными частотами дельта-диапазона ЭЭГ и ВСР для пациента из группы II во время гипервентиляции



Средние значения мгновенных частот ЭЭГ и ВСР

до и во время гипервентиляции для обеих групп

пациенты	$f_{\text{ЭЭГ}}$ (Гц)	$f_{\text{ВСР}}$ (Гц)
до гипервентиляции		
группа I (N=8/8)	0.29±0.05	0.12±0.03
группа II (N=7/7)	0.35±0.05	0.18±0.04
во время гипервентиляции		
группа I (N=8/8)	0.43±0.07	0.38±0.06
группа II (N=7/7)	0.31±0.05	0.23±0.04

Увеличение средних значений $f_{\text{ЭЭГ}}$ и $f_{\text{ВСР}}$

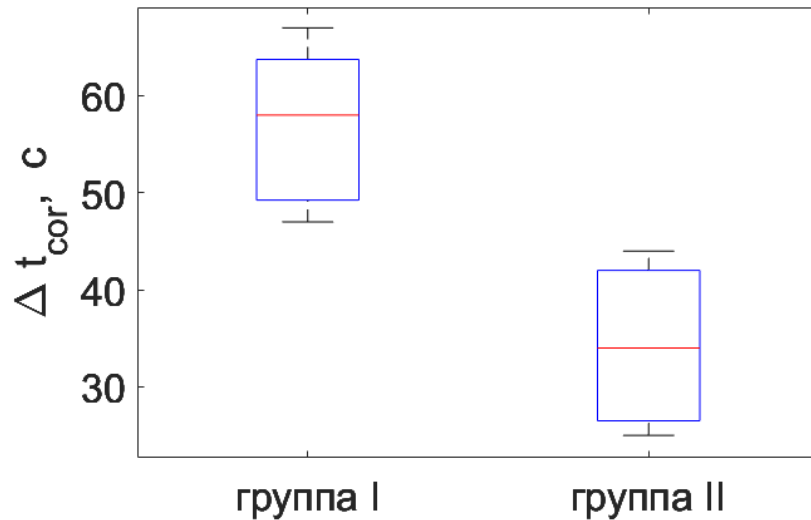
во время гипервентиляции для пациентов из группы I

Уменьшение средних значений $f_{\text{ЭЭГ}}$

и **повышение** средних значений $f_{\text{ВСР}}$

во время гипервентиляции для пациентов из группы II

Результаты однофакторного дисперсионного анализа для сравнения средних значений величин Δt_{cor} для двух групп



Среднее значение Δt_{cor} меньше у пациентов с вертебрально-базилярной недостаточностью ($\Delta t_{cor} = 34,3 \pm 8,0$, II группа),

по сравнению с средним значением $\Delta t_{cor} = 56,4 \pm 8,1$ для пациентов с меньшей степенью тяжести сосудистой патологии, связанной с вегето-сосудистой дистонией (группа I)

Заключение

- Анализ мгновенных частот в низкочастотных составляющих ЭЭГ и временной последовательности RR интервалов, извлеченных из ЭКГ, проведенный до и после гипервентиляционной нагрузки для двух групп испытуемых, показал
- уменьшение времени появления корреляции между мгновенными частотами дельта-диапазона ЭЭГ и ВСР связано со степенью сосудистой патологии головного мозга.

Благодарности

- Н.Л. Гусева,
Институт экспериментальной медицины
- *Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, соглашение № FSRF-2020-0004*
- *the Program of Fundamental Scientific Research of State Academies for 2013-2021 (GP-14, section 64).*