

Читать
онлайн
Read
online

Флейшман А.Н., Ямщикова А.В., Мартынов И.Д., Петровский С.А.,
Кораблина Т.В.

Механизмы повышения стрессоустойчивости при транскраниальной магнитной стимуляции лиц умственного труда

ФГБНУ «Научно-исследовательский институт комплексных проблем гигиены и профессиональных заболеваний», 654041, Новокузнецк, Россия

Введение. Высокий уровень стресса, которому подвергается человек в современных условиях, обуславливает рост психосоматических расстройств, и повышение стрессоустойчивости становится всё более актуальным. Клинический интерес представляет изучение возможностей стимуляции дорсолатеральной префронтальной коры, оказывающей влияние на механизмы вегетативной регуляции.

Цель исследования — изучить механизмы повышения стрессоустойчивости при транскраниальной магнитной стимуляции дорсолатеральной префронтальной коры правого полушария у мужчин молодого возраста, занятых умственным трудом.

Материалы и методы. В исследование были включены 34 здоровых мужчины — студенты в возрасте от 20 до 22 лет, совмещавшие учёбу с умственным трудом в сфере информационных технологий. Транскраниальная магнитная стимуляция проекции дорсолатеральной префронтальной коры в точке F4 международной системы размещения электродов «10–20» проводилась с индивидуально определённой интенсивностью стимула в количестве 300 стимулов частотой 1 Гц. Вегетативные эффекты оценивались с помощью спектрального анализа вариабельности ритма сердца до и после стимуляции, в качестве стресс-теста использовался seven-test.

Результаты. У обследованных мужчин молодого возраста, занятых умственным трудом, преобладали колебания низкой частоты вариабельности ритма сердца, свидетельствующие о симпатической активации. После стимуляции префронтальной коры наблюдалось увеличение вариабельности ритма сердца, в большей степени колебаний очень низкой частоты, связанных с центральными механизмами парасимпатической активности. При проведении стресс-теста увеличение адаптационных возможностей проявлялось менее выраженным снижением вариабельности ритма сердца в сравнении с реакцией до стимуляции. Предложена модель влияния стимуляции дорсолатеральной префронтальной коры на вариабельность ритма сердца.

Ограничения исследования. Исследование ограничено оценкой спектральных показателей вариабельности ритма сердца у 34 здоровых студентов до и после транскраниальной магнитной стимуляции зоны дорсолатеральной префронтальной коры.

Заключение. Стимуляция префронтальной коры увеличивает адаптационные возможности организма и может использоваться для повышения стрессоустойчивости у лиц умственного труда.

Ключевые слова: транскраниальная магнитная стимуляция; дорсолатеральная префронтальная кора; стрессоустойчивость

Соблюдение этических стандартов. Исследование выполнено неинвазивными методами и соответствует этическим стандартам Комитета по биомедицинской этике НИИ комплексных проблем гигиены и профессиональных заболеваний, разработанным в соответствии с Хельсинкской декларацией Всемирной медицинской ассоциации «Этические принципы проведения научных исследований с участием человека» с поправками 2013 г. и «Правилами надлежащей клинической практики», утверждёнными приказом Министерства здравоохранения Российской Федерации от 01.04.2016 г. № 200н. Протокол заключения Этического комитета № 3, § 1, от 8 апреля 2021 г.

Для цитирования: Флейшман А.Н., Ямщикова А.В., Мартынов И.Д., Петровский С.А., Кораблина Т.В. Механизмы повышения стрессоустойчивости при транскраниальной магнитной стимуляции лиц умственного труда. *Гигиена и санитария*. 2023; 102(8): 825–829. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2023-102-8-825-829> <https://elibrary.ru/fgsyav>

Для корреспонденции: Мартынов Илья Дмитриевич, канд. мед. наук, ст. науч. сотр. лаб. прикладной нейрофизиологии, ФГБНУ «Научно-исследовательский институт комплексных проблем гигиены и профессиональных заболеваний», 654041, Новокузнецк. E-mail: mart-nov@yandex.ru

Участие авторов: Флейшман А.Н. — концепция и дизайн исследования, сбор и обработка данных, сбор литературных данных, написание текста; Ямщикова А.В. — сбор и обработка данных, редактирование; Мартынов И.Д. — редактирование; Петровский С.А. — сбор и обработка данных; Кораблина Т.В. — статистическая обработка данных. Все соавторы — утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех частей статьи.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов в связи с публикацией данной статьи.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Поступила: 23.06.2023 / Принята к печати: 15.08.2023 / Опубликовано: 09.10.2023

Arnold N. Fleishman, Anastasia V. Yamshchikova, Ilya D. Martynov, Stanislav A. Petrovskiy,
Tatyana V. Korablina

Mechanisms of increasing stress tolerance during transcranial magnetic stimulation in people with intellectual work

Research Institute for Complex Problems of Hygiene and Occupational Diseases, Novokuznetsk, 654041, Russian Federation

Introduction. In modern conditions humans are exposed to the high level of stress that causes the gain in psychosomatic disorders. The problem of tolerance to increasing stress is becoming more and more urgent. The study of the possibilities of the dorsolateral prefrontal cortex stimulation, which affects the mechanisms of autonomic regulation, is of clinical interest.

The aim of the study is to research the mechanisms of the resistance to increasing stress after transcranial magnetic stimulation of the dorsolateral prefrontal cortex of the right hemisphere in young males engaged in mental work.

Materials and methods. Thirty four healthy male 20 to 22 years students were observed. Transcranial magnetic stimulation of the dorsolateral prefrontal cortex projection at the F4 point in the electrode system marked “10–20” was carried out with an individually determined stimulus intensity in the amount of 300 stimuli

with a frequency of 1 Hz. Autonomic effects were evaluated using spectral analysis of heart rate variability before and after stimulation. Seven-test was used as a stress test.

Results. The predominance of oscillations in the low frequency of heart rate variability, indicating sympathetic activation, was determined in the examined young men, engaged in mental labour. After stimulation of the prefrontal cortex, there was an increase in heart rate variability, to a greater extent very low frequency oscillations associated with the central mechanisms of parasympathetic activity. During the stress test, the increase in adaptive capabilities was manifested by a less pronounced decrease in heart rate variability in comparison to the reaction before stimulation. A model of the effect of stimulation of the dorsolateral prefrontal cortex on heart rate variability was proposed.

Limitations. The study is limited to the evaluation of spectral parameters of heart rate variability in 34 young healthy students before and after transcranial magnetic stimulation of the dorsolateral prefrontal cortex.

Conclusion. Stimulation of the prefrontal cortex increased the adaptive capabilities of the body and can be used to increase stress resistance in people with intellectual work.

Keywords: transcranial magnetic stimulation; dorsolateral prefrontal cortex; stress-resistance

Compliance with ethical standards. The study was performed by non-invasive methods and complied with the ethical standards of the Biomedical Ethics Committee of the Research Institute for Complex Problems of Hygiene and Occupational Diseases, developed in accordance with the Helsinki Declaration of the World Association «Ethical Principles of Scientific Medical Research with Human Participation» as amended in 2013 and «The Rules of Good Clinical Practice» approved by Order of the Ministry of Health in the Russian Federation dated 01.04.2016, No. 200n. Protocol of the Ethics Committee conclusion No. 3, §1 from April 8, 2021.

For citation: Fleishman A.N., Yamshchikova A.V., Martynov I.D., Petrovskiy S.A., Korablina T.V. Mechanisms of increasing stress tolerance during transcranial magnetic stimulation in people with intellectual work. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian Journal)*. 2023; 102(8): 825–829. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2023-102-8-825-829> <https://elibrary.ru/fgsyav> (In Russ.)

For correspondence: Ilya D. Martynov, MD, PhD, senior researcher of the applied neurophysiology laboratory, Research Institute for Complex Problems of Hygiene and Occupational Diseases, Novokuznetsk, 654041, Russian Federation. E-mail: mart-nov@yandex.ru

Information about the authors:

Fleishman A.N., <https://orcid.org/0000-0002-2823-4074> Yamshchikova A.V., <https://orcid.org/0000-0002-6609-8923>
Martynov I.D., <https://orcid.org/0000-0001-5098-9185> Petrovskiy S.A., <https://orcid.org/0000-0002-1337-0989>
Korablina T.V., <https://orcid.org/0000-0002-0956-3606>

Contribution: Fleishman A.N. — the concept and design of the study, collection and processing of material, collection of literature data, writing the text; Yamshchikova A.V. — data collection and processing, editing; Martynov I.D. — editing; Petrovskiy S.A. — data collection and processing; Korablina T.V. — statistical data processing. All authors are responsible for the integrity of all parts of the manuscript and approval of the manuscript final version.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Acknowledgement. The study had no sponsorship.

Received: June 23, 2023 / Accepted: August 15, 2023 / Published: October 9, 2023

Введение

По данным Всероссийского центра изучения общественного мнения, в 2022 г. в России более 57% населения испытывали стрессовые состояния, и более 70% этой группы составляли молодые люди в возрасте от 18 до 42 лет. Проблема повышения стрессоустойчивости актуальна и рассматривается в разных аспектах, в том числе применительно к профессиональной деятельности и военной службе. При анализе физиологических механизмов установлена роль симпатикотонии в усилении стресса, а вагусное преобладание способствует повышению стрессоустойчивости [1–3].

Использование транскраниальной магнитной стимуляции (ТМС) в коррекции вегетативных изменений при стрессе является новым направлением, активно изучаемым в настоящее время [4, 5]. Объектом стимуляции часто является дорсолатеральная префронтальная кора, участвующая в адаптивном поведении, психоэмоциональных и автономных реакциях организма на изменения внешней среды, развитии патологических состояний и восстановительных процессах [6]. При стрессе префронтальная кора оказывает влияние на адаптивные реакции через вегетативную и гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковую системы [7]. Стимуляция дорсолатеральной префронтальной коры в значительной степени уменьшает тревожные состояния и панические расстройства. Клинические эффекты оказывались более устойчивыми при повторных сеансах ТМС [8–10].

Вариабельность ритма сердца (ВРС) позволяет оценить вегетативные изменения при воздействии ТМС [3, 11]. Ранее было показано усиление парасимпатического влияния при стимуляции дорсолатеральной префронтальной коры, снижение частоты сердечных сокращений (ЧСС) без значимых изменений артериального давления (АД) [3, 12, 13]. При сравнении результатов стимуляции правого и левого полушария обнаружено, что наиболее выраженный вагусный эффект наблюдался при воздействии на дорсолатеральную

префронтальную кору правого полушария [14]. Полученные данные о роли префронтальной коры потребовали дальнейших исследований её влияния при стимуляции на адаптационные механизмы и стрессоустойчивость.

Цель исследования — изучить механизмы повышения стрессоустойчивости при транскраниальной магнитной стимуляции дорсолатеральной префронтальной коры правого полушария у мужчин молодого возраста, занятых умственным трудом.

Материалы и методы

В исследование были включены 34 здоровых мужчины — студенты в возрасте от 20 до 22 лет, совмещавшие учёбу с умственным трудом в сфере информационных технологий. Проводили предварительное собеседование, исключали лиц с хроническими болезнями, вредными привычками (употребление алкоголя, табакокурение). Добровольцы были проинформированы о протоколе исследования и дали письменное согласие на участие. Исследование соответствует этическим стандартам Комитета по биомедицинской этике ФГБНУ «Научно-исследовательский институт комплексных проблем гигиены и профессиональных заболеваний», разработанным в соответствии с Хельсинкской декларацией Всемирной медицинской ассоциации «Этические принципы проведения научных исследований с участием человека» с поправками 2013 г. и «Правилами надлежащей клинической практики», утверждёнными приказом Министерства здравоохранения Российской Федерации № 200н от 1 апреля 2016 г. Протокол заключения Этического комитета № 3, § 1 от 8 апреля 2021 г.

Вегетативные эффекты оценивались с помощью спектрального анализа ВРС. Регистрировали участки кардио ритма, включающие 256 кардиоинтервалов, электрокардиографом «Нейрософт-полиспектр 8Е» (ООО «Нейрософт», Россия), обрабатывали методом быстрого преобразования

Изменения спектральных показателей variability ритма сердца и частоты сердечных сокращений до и после транскраниальной магнитной стимуляции (ТМС), $n = 34$

Changes in the spectral parameters of heart rate variability and heart rate before and after transcranial magnetic stimulation (TMS), $n = 34$

Показатель Index	До ТМС / Before TMS			После ТМС / After TMS		
	исходное состояние initial state	стресс-нагрузка stress test	восстановление recovery	исходное состояние initial state	стресс-нагрузка stress test	восстановление recovery
VLF, ms ² /Hz	57.4 (27.6; 120.7)	45.7 (15; 114.8)	73.5 (25.4; 119.5)	139.7 (69.5; 368.3)*	62.4 (43.1; 175.8)*	107.3 (55.2; 203.2)*
LF, ms ² /Hz	30.2 (20.8; 45.7)	22.3 (10; 39)	29.1 (13.8; 62.7)	43.1 (33.7; 89.3)*	35.2 (18.1; 66.4)*	48.2 (23.9; 90.5)*
HF, ms ² /Hz	11.5 (3.8; 16.8)	5.3 (1.5; 9.2)	9.8 (3.7; 26.2)	19.5 (10.3; 49.7)*	9.2 (3.1; 14.1)*	16.2 (6.4; 36.7)*
ЧСС, уд./мин HR, Beats per minute	86 (76; 95)	88.4 (80.8; 96.4)	84.9 (74.3; 92.5)	76.6 (68.9; 84.1)*	82.4 (74.6; 92.3)*	80.9 (72.6; 85.9)

Примечание. ЧСС – частота сердечных сокращений; ТМС – транскраниальная магнитная стимуляция; * – статистически значимое различие показателей до и после воздействия по критерию Уилкоксона (при $p < 0,05$).

Note: HR – heart rate; TMS – transcranial magnetic stimulation; * – statistically significant difference in the indices before and after the exposure according to the Wilcoxon test (at $p < 0.05$).

Фурье с выделением волн в следующих частотных диапазонах: Very Low Frequency (VLF) – диапазон очень низкой частоты 0,004–0,08 Гц, многокомпонентный показатель, включающий эрготропные влияния надсегментарных вегетативных центров; Low Frequency (LF) – диапазон низкой частоты 0,09–0,16 Гц, связанный с симпатическим вазомоторным влиянием; High Frequency (HF) – высокочастотные колебания 0,17–0,5 Гц, отражающие активность парасимпатического отдела вегетативной нервной системы. Использовали значения максимальной амплитуды спектральных пиков.

Анализ ВРС проводили до ТМС в исходном состоянии покоя, во время стресс-теста (использовался seven-test, при котором испытуемому предлагают производить вычитание от 100 по 7) и на этапе восстановления после стресс-теста. После регистрации ВРС проводили один сеанс ТМС с помощью магнитного стимулятора «Нейро-МС/Д» (ООО «Нейрософт», Россия), использовался койл (индуктор прибора) в виде бабочки. Предварительно с помощью электронейромиографии (использовали аппарат «Нейро-МВП-Микро», ООО «Нейрософт», Россия) определялся индивидуальный порог вызванного мышечного ответа путём стимуляции проекции моторной зоны коры левой *m. Abductor digiti minimi*. Далее стимуляция проекции дорсолатеральной префронтальной коры правого полушария (соответствует точке F4 электродной системы электроэнцефалографии «10–20») проводилась однократно с индивидуально определённой интенсивностью стимула в количестве 300 стимулов частотой 1 Гц. После однократного сеанса ТМС повторно проводился анализ ВРС в состоянии покоя, во время стресс-теста и на этапе восстановления после стресс-теста.

Статистическую обработку данных осуществляли с помощью программы BioStat 2009. Данные представлены в виде медиан (*Me*) и квартилей (25%; 75%). Значимость различий признаков до и после воздействия оценивали с помощью критерия Уилкоксона, достоверными считали различия, уровень значимости которых отвечал условию $p < 0,05$.

Результаты

У обследованных нами студентов при спектральном анализе ВРС преобладали колебания диапазона низкой частоты, свидетельствующие об активации симпатического отдела вегетативной нервной системы.

После стимуляции дорсолатеральной префронтальной коры наблюдалось статистически значимое увеличение всех спектральных показателей ВРС, снижение ЧСС (см. таблицу).

При проведении стресс-теста у обследованных нами лиц наблюдалось снижение мощности колебаний во всех частотных диапазонах ВРС. После ТМС дорсолатеральной

префронтальной коры при проведении стресс-теста спектральные показатели ВРС были выше, что свидетельствует о повышении адаптационных возможностей организма. На этапе восстановления после стресс-теста наблюдалось увеличение спектральных показателей ВРС по сравнению с исходным уровнем.

Обсуждение

Спектральный анализ ВРС у обследованных нами студентов позволил выявить усиление симпатического тонуса. После стимуляции дорсолатеральной префронтальной коры увеличение мощности колебаний во всех частотных диапазонах спектра ВРС свидетельствует об активации вегетативной регуляции. В большей степени увеличивался спектральный показатель VLF, связанный с центральными механизмами парасимпатической активности [15]. Фронтально-вагальные сети префронтальной коры играют значительную роль в нормализации эмоциональной сферы человека [14].

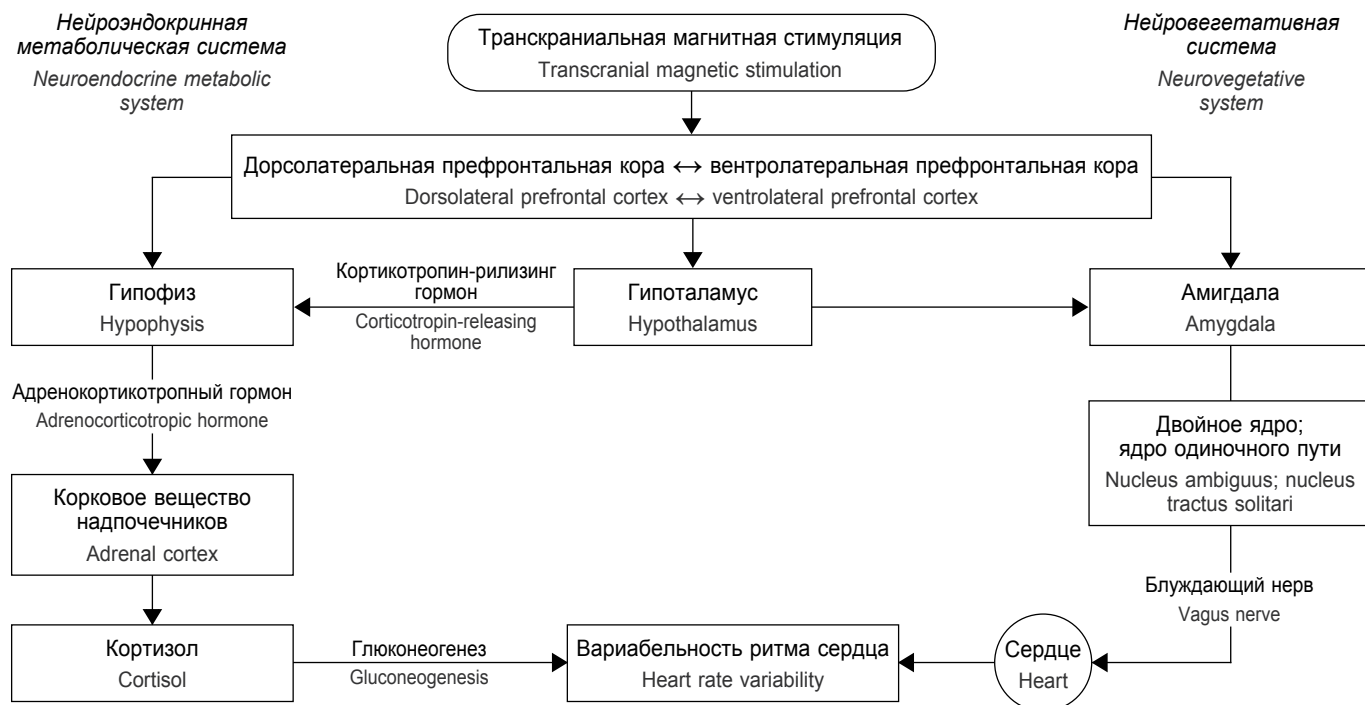
После ТМС дорсолатеральной префронтальной коры при проведении стресс-теста более высокие значения спектральных показателей ВРС свидетельствуют о повышении устойчивости организма к нагрузкам. Увеличение спектральных показателей ВРС по сравнению с исходным уровнем на этапе восстановления обусловлено отсутствием у обследованных соматических болезней и хронических интоксикаций.

Есть данные о влиянии ТМС на гормональную активность, связанном с вовлечением при стимуляции префронтальной коры гипоталамо-гипофизарной надпочечниковой оси [16]. В работе W. Rep с соавторами было показано, что при стимуляции дорсолатеральной префронтальной коры повышаются концентрации тиреотропного гормона и тироксина в крови, увеличиваются мощность волновых процессов ВРС и стрессоустойчивость, расширяются энергетические ресурсы организма [17].

Системные физиологические изменения при стимуляции префронтальной коры можно представить в виде модели с двумя механизмами влияния: нейровегетативным и нейроэндокринным (см. рисунок) [16].

Эта модель отражает сложные индивидуальные феномены изменения спектральной мощности ВРС при стимуляции префронтальной коры. Необходимы дальнейшие исследования влияния ТМС префронтальной коры на изменения биохимических и гормональных показателей стресса, биоэлектрическую активность головного мозга и результаты психологического тестирования с учётом профессионального стресса.

Ограничения исследования. Исследование ограничено оценкой спектральных показателей variability ритма



Модель влияния транскраниальной магнитной стимуляции дорсолатеральной префронтальной коры на вариабельность ритма сердца с помощью нейровегетативных и нейроэндокринных механизмов [16].

A model of the impact of transcranial magnetic stimulation of the dorsolateral prefrontal cortex on heart rate variability with the aid of autonomic and neuroendocrine mechanisms [16].

сердца у 34 здоровых студентов до и после транскраниальной магнитной стимуляции зоны дорсолатеральной префронтальной коры.

Заключение

Найденные механизмы влияния ТМС префронтальной коры на вегетативную регуляцию увеличивают адаптационные возможности организма и могут использо-

ваться для повышения стрессоустойчивости лиц умственного труда и других профессиональных групп с высоким уровнем стресса, военнослужащих. Полученные новые данные воздействия ТМС на механизмы вегетативной регуляции являются теоретической основой для возможности применения метода с целью профилактики сердечно-сосудистых болезней и других патологических нейросоматических процессов, что требует дальнейшего изучения.

Литература

(п.п. 1–14, 16, 17 см. References)

15. Мартынов И.Д., Флейшман А.Н. Автономная дизрегуляция ортостатических нарушений у лиц молодого возраста, занимающихся физическим трудом. *Медицина труда и промышленная экология*. 2016; (5): 28–31. <https://elibrary.ru/vwgxhp>

References

- Farkhutdinova L.V. Physiological and psychological aspects of stress resistance of students. In: Murzina I., ed. *Humanistic Practice in Education in a Postmodern Age: Proceedings of the Humanistic Practice in Education in a Postmodern Age (НПЕРА 2019)*. Ufa; 2019: 966–76. <https://doi.org/10.15405/epsbs.2020.11.100> <https://elibrary.ru/ypqhfq>
- Petrosino N.J., Cosmo C., Berlow Y.A., Zandvakili A., van't Wout-Frank M., Philip N.S. Transcranial magnetic stimulation for post-traumatic stress disorder. *Ther. Adv. Psychopharmacol.* 2021; 11: 20451253211049921. <https://doi.org/10.1177/20451253211049921>
- Bamert M., Inauen J. Physiological stress reactivity and recovery: Some laboratory results transfer to daily life. *Front. Psychol.* 2022; 13: 943065. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.943065>
- Wu J., Han M., He Y., Xie X., Song J., Geng X. The efficacy of repetitive transcranial magnetic stimulation (rTMS) for young individuals with high-level perceived stress: study protocol for a randomized sham-controlled trial. *Trials*. 2021; 22(1): 365. <https://doi.org/10.1186/s13063-021-05308-3>
- Edinoff A.N., Hegefeld T.L., Petersen M., Patterson J.C. 2nd, Yossi C., Slizewski J., et al. Transcranial magnetic stimulation for post-traumatic stress disorder. *Front. Psychiatry*. 2022; 13: 701348. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.701348>
- Patron E., Mennella R., Messerotti Benvenuti S., Thayer J.F. The frontal cortex is a heart-brake: Reduction in delta oscillations is associated with heart rate deceleration. *Neuroimage*. 2019; 188: 403–10. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2018.12.035>
- Woo E., Sansing L.H., Arnsten A.F.T., Datta D. Chronic stress weakens connectivity in the prefrontal cortex: architectural and molecular changes. *Chronic Stress (Thousand Oaks)*. 2021; 5: 24705470211029254. <https://doi.org/10.1177/24705470211029254>
- Laborde S., Mosley E., Thayer J.F. Heart rate variability and cardiac vagal tone in psychophysiological research – recommendations for experiment planning, data analysis, and data reporting. *Front. Psychol.* 2017; 8: 213. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.00213>
- Smits F.M., Schutter D.J.L.G., van Honk J., Geuze E. Does non-invasive brain stimulation modulate emotional stress reactivity? *Soc. Cogn. Affect. Neurosci.* 2020; 15(1): 23–51. <https://doi.org/10.1093/scan/nsaa011>
- Philip N.S., Barredo J., van't Wout-Frank M., Tyrka A.R., Price L.H., Carpenter L.L. Network mechanisms of clinical response to transcranial magnetic stimulation in posttraumatic stress disorder and major depressive disorder. *Biol. Psychiatry*. 2018; 83(3): 263–72. <https://doi.org/10.1016/j.biopsych.2017.07.021>

Original article

11. Cho C., Yoo H.J., Min J., Nashiro K., Thayer J.F., Lehrer P.M., et al. Changes in medial prefrontal cortex mediate effects of heart rate variability biofeedback on positive emotional memory biases. *Appl. Psychophysiol. Biofeedback*. 2023; 48(2): 135–47. <https://doi.org/10.1007/s10484-023-09579-1>
12. Sesa-Ashton G., Wong R., McCarthy B., Datta S., Henderson L.A., Dawood T., et al. Stimulation of the dorsolateral prefrontal cortex modulates muscle sympathetic nerve activity and blood pressure in humans. *Cereb. Cortex Commun.* 2022; 3(2): tgac017. <https://doi.org/10.1093/texcom/tgac017>
13. Schmaußer M., Hoffmann S., Raab M., Laborde S. The effects of noninvasive brain stimulation on heart rate and heart rate variability: A systematic review and meta-analysis. *J. Neurosci. Res.* 2022; 100(9): 1664–94. <https://doi.org/10.1002/jnr.25062>
14. Rizvi S., Khan A.M. Use of transcranial magnetic stimulation for depression. *Cureus*. 2019; 11(5): e4736. <https://doi.org/10.7759/cureus.4736>
15. Martynov I.D., Fleyshman A.N. Autonomous dysregulation of orthostatic disorders in young individuals engaged into manual work. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2016; (5): 28–31. <https://elibrary.ru/vwvxhp> (in Russian)
16. Pulopulos M.M., Schmausser M., De Smet S., Vanderhasselt M.A., Baliyan S., Venero C., et al. The effect of HF-rTMS over the left DLPFC on stress regulation as measured by cortisol and heart rate variability. *Horm. Behav.* 2020; 124: 104803. <https://doi.org/10.1016/j.yhbeh.2020.104803>
17. Ren W., Ma J., Li J., Zhang Z., Wang M. Repetitive transcranial magnetic stimulation (rTMS) modulates lipid metabolism in aging adults. *Front. Aging Neurosci.* 2017; 9: 334. <https://doi.org/10.3389/fnagi.2017.00334>