

ВЕГЕТАТИВНЫЕ ФАКТОРЫ УСПЕШНОСТИ ОСВОЕНИЯ ИНОСТРАННОГО ЯЗЫКА СТУДЕНТАМИ И ШКОЛЬНИКАМИ

DOI: 10.17691/stm2019.11.1.21

УДК 612.172.7:613.956

Поступила 12.12.2018 г.



В.А. Демарева, к.пс.н., ассистент кафедры психофизиологии¹;
Д.В. Бovyкина, магистрант кафедры психофизиологии¹;
Yu.A. Edeleva, Research Assistant, Department of German Studies²

¹Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им Н.И. Лобачевского, проспект Гагарина, 23, Н. Новгород, 603950;

²Braunschweig University of Technology, 2 University Square, Braunschweig, 38106, Germany

Цель исследования — выявление вегетативных факторов успешности освоения иностранного языка студентами и школьниками, поиск оптимальных режимов вегетативной регуляции процессов обучения.

Материалы и методы. В исследовании участвовали 16 учеников 4-го класса и 37 учеников 5–11-х классов школы с углубленным изучением английского языка, а также 10 студентов 2-го курса, обучающихся в лингвистическом университете (Н. Новгород).

Для сбора данных о динамике функционального состояния школьников и студентов на занятии по английскому языку проводили непрерывное измерение сердечного ритма с помощью технологии событийно-связанной телеметрии, а для оценки успешности освоения языка использовали специальный протокол и стандартную академическую 5-балльную шкалу.

Результаты. Анализ показателей вариабельности ритма сердца в разных контекстах позволяет констатировать схожесть режимов вегетативной регуляции у школьников и студентов, успешных на занятии по английскому языку. Следовательно, для выполнения разных лингвистических заданий характерны схожие функциональные состояния. Для всех возрастных групп оптимальной является высокая активность вегетативной нервной системы. Отличие проявляется в соотношении симпатического и парасимпатического контуров: вклад парасимпатического контура более важен на школьном этапе, а симпатического — на студенческом.

Заключение. Исследование особенностей процесса освоения иностранного языка студентами и школьниками (в данном случае — русскоязычными) показало, что основным фактором успешности с позиции психофизиологии для студентов является высокая активность вегетативной нервной системы с выраженным доминированием симпатической активации над парасимпатической. Оптимальное состояние для освоения иностранного языка школьниками заключается в согласованной активации симпатического и парасимпатического контуров регуляции.

Ключевые слова: вегетативная регуляция; освоение иностранного языка; оптимальное функциональное состояние; событийно-связанная телеметрия ритмов сердца; стресс.

Как цитировать: Demareva V.A., Bovykina D.V., Edeleva Yu.A. Autonomic factors of successful foreign language acquisition by students and schoolchildren. *Sovremennye tehnologii v medicine* 2019; 11(1): 177–183, <https://doi.org/10.17691/stm2019.11.1.21>

English

Autonomic Factors of Successful Foreign Language Acquisition by Students and Schoolchildren

V.A. Demareva, PhD, Assistant, Department of Psychophysiology¹;
D.V. Bovykina, MSc Student, Department of Psychophysiology¹;
Yu.A. Edeleva, Research Assistant, Department of German Studies²

¹National Research Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod, 23 Prospekt Gagarina, Nizhny Novgorod, 603950, Russia;

²Braunschweig University of Technology, 2 University Square, Braunschweig, 38106, Germany

The aim of the study was to identify autonomic factors of successful acquisition of a foreign language by students and schoolchildren and find the optimal modes of autonomic regulation of the learning processes.

Для контактов: Демарева Валерия Алексеевна, e-mail: kaleria.naz@gmail.com

Materials and Methods. 16 children in grade 4, 37 children in grades 5–11 studying at school with in-depth English language learning, and 10 second-year linguistics university students participated in the study.

The data on the functional state dynamics of the university students and schoolchildren during English lessons were collected using event-related telemetry technology, which continuously recorded the heart rate. A specially designed protocol and a standard 5-point grading scale were used to assess the language progress.

Results. The analysis of heart rate variability data in different contexts revealed a similarity in autonomic regulation modes for the schoolchildren and university students who studied English successfully. Consequently, similar functional states are typical for performing different language-related tasks. For all age groups, high activity of the autonomic nervous system was optimal for English learning. The difference was in the sympathetic and parasympathetic activity ratio: the contribution of the sympathetic circuit is more important for the university students, whereas the parasympathetic one — at school stage.

Conclusion. The study of a foreign language acquisition by the Russian students and schoolchildren showed that from the standpoint of psychophysiology, the main factor of success for the students was a high autonomic nervous system activity with a prominent dominance of the sympathetic activation. For the schoolchildren, a coordinated activation of both sympathetic and parasympathetic regulation modes was the most optimal state for language learning.

Key words: autonomic regulation; foreign language learning; optimal functional state; event-related telemetry of the heart rhythm; stress.

Введение

Исследование психофизиологических механизмов, обеспечивающих успешность освоения иностранного языка, представляет интерес для современной когнитивной науки: до сих пор нет четких представлений о специфике вегетативного обеспечения процесса его освоения и связи вариабельности ритма сердца (ВРС) с успешностью языковой деятельности. ВРС является мерой нейрокардиальной функции, которая отражает связи мозг–сердце и активность вегетативной нервной системы [1–3]. Установлено, что сигналы от сердца влияют не только на вегетативные регуляторные центры, но также на высшие центры коры, вовлеченные в эмоциональные и когнитивные циклы обработки информации, включая таламус, миндалину и кору. Тем самым активность сердца влияет на разные функции мозга, которые обеспечивают успешность освоения иностранного языка [1, 4–11].

Негативное воздействие на успешность обучения могут оказывать реакции стресса. Базовой научной концепцией стресса является теория австро-канадского ученого Г. Селье [12, 13], на основе которой была создана трехкомпонентная теория экстремальных состояний [14]. В соответствии с этой теорией важным компонентом реакции стресса является активность эндогенной опиоидной системы, которая активизируется с первых минут стресса и ограничивает активность симпатoadреналовой системы и гипоталамо-гипофизарно-адреналовой системы [15].

В данной работе анализируется распределение эпизодов острого стресса в контексте освоения английского языка русскоязычными школьниками и студентами. Острый стресс — это реакция организма на первой фазе стресса, сопровождающаяся активацией симпатoadреналовой и эндогенной опиоидной систем. Вегетативное проявление такой активации определено как стресс-эпизод, оно заключается в снижении общей мощности спектра ВРС и росте показателя

индекса вегетативного баланса (ИВБ). Подобный паттерн наблюдается в контексте разных нагрузок, содержащих стресс-факторы [16, 17]. «Стрессогенность» — это количество стресс-эпизодов, зарегистрированных в течение определенного контекста деятельности.

Информация об оптимальных режимах вегетативной регуляции для успешного освоения иностранного языка позволит создавать уникальные тренинги биологической обратной связи для повышения эффективности этого процесса.

Материалы и методы

Технология событийно-связанной телеметрии ритма сердца (ССТ РС). Непрерывное измерение сердечного ритма проводили с помощью технологии ССТ РС [18]. Данная технология обеспечивает мониторинг и анализ динамики ВРС с учетом событийного контекста [16, 17], а также амбиентный мониторинг функционального состояния школьников и студентов в контексте естественной учебной деятельности без ограничений по расстоянию и подвижности.

Персонализированный анализ динамики вегетативной регуляции проведен на основе спектральных показателей ВРС. Методом динамического Фурье-анализа с окном 100 с и шагом 10 с вычислили следующие показатели: общую мощность спектра вариабельности сердечного ритма — TP (m^2), характеризующую адаптационный потенциал; мощность спектра в области частот от 0,04 до 0,15 Гц — LF (m^2), характеризующую активность симпатической нервной системы по модуляции сердечного ритма; мощность спектра в области частот от 0,15 до 0,4 Гц — HF (m^2), характеризующую активность парасимпатической нервной системы; ИВБ — LF/HF, характеризующий напряжение регуляторных систем [2].

Выделение специфической для стресс-реакции динамики спектральных показателей ВРС основано на положении трехкомпонентной теории нейро-

химических механизмов развития экстремальных состояний [19]. Детектирование стресс-эпизодов проводили на основе анализа динамики TP и LF/HF [20]. Фиксировали продолжительность и количество стресс-реакций за время мониторинга.

Технология айтрекинга. Движения глаз регистрировали по методу видеоокулографии с использованием установки Hi Speed 1250 (SMI, Германия). В качестве стимульного материала на английском языке применяли корпус текстов из работы [21], на русском — корпус текстов, описанный в работе [22].

Определение успешности освоения английского языка у студентов и школьников. Для оценки «полезной активности» у школьников 4-го класса и студентов на уроке и на занятии по английскому языку применяли специальный протокол, обеспечивающий оценку успешности взаимодействия учеников на занятии, а также использования старого и нового языкового материала [23].

Для тестирования учеников 5–11-х классов применяли оценку их деятельности на уроке иностранного языка по стандартной академической 5-балльной шкале.

Дизайн исследования. Из всех участвующих в эксперименте были сформированы 3 группы. В 1-ю группу вошли 16 учеников 4-го класса школы с углубленным изучением английского языка, во 2-ю — 37 учеников 5–11-х классов школы с углубленным изучением английского языка. 3-ю группу составили 10 студентов 2-го курса, обучающихся в лингвистическом университете по специальности «Теория и методика преподавания иностранного языка».

При выполнении заданий по английскому языку проводилось непрерывное измерение сердечного ритма с помощью технологии ССТ [18]. В каждой группе фиксировалась успешность освоения английского языка. У студентов дополнительно осуществляли запись движений глаз при чтении текстов на русском и английском языках.

Обработка данных. Статистическую обработку полученных результатов проводили с использованием дисперсионного анализа, кластерного анализа, параметрических (апостериорный анализ — критерий Фишера) и непараметрических (критерии Манна–Уитни) методов.

Результаты

Возрастные особенности тонуса вегетативной нервной системы до и после занятия английским языком. Для исследования динамики функционального состояния студентов и школьников в процессе освоения английского языка был проанализирован тонус вегетативной нервной системы (с учетом возраста) до и после занятия. Далее приводятся и обсуждаются только результаты, имеющие статистически значимые различия. Оказалось, что независимо от возраста у всех групп добровольцев по-

сле занятия увеличивается активация симпатической системы. Только на этапе начального освоения английского языка после урока отмечены усиление центрального контура регуляции кардиоритма, активация парасимпатической нервной системы и снижение ИВБ. Студенты отличаются значительным повышением ИВБ после занятия. Выяснилось, что значения LF и TP значимо выше у обучающихся в 10–11-х классах, чем в 5–6-х и 8–9-х классах. HF значимо выше у обучающихся в 10–11-х классах, чем у школьников 5–6-х классов. ИВБ значимо выше у обучающихся в 10–11-х классах, чем в 8–9-х классах.

Итак, на начальном этапе освоения английского языка процесс обучения приводит к увеличению общей мощности спектра ВРС, а также к снижению напряжения регуляторных систем, а на профессиональном этапе — к их повышению.

Связь успешности освоения английского языка и режимов вегетативной регуляции. Проведен кластерный анализ с целью разделения школьников 1-й группы в зависимости от успешности деятельности на уроке английского языка. Выборка разделилась на 2 кластера. В первый ($n=7$) вошли ученики, у которых по 5 параметрам из 12 (U-критерий, $p<0,05$) баллы были выше, чем у учеников, попавших во второй кластер ($n=9$). По этому признаку ученики из первого кластера были обозначены как успешные, а из второго кластера — как неуспешные.

При обработке результатов кластерного анализа во 2-й группе урок оценивался учителем по стандартной академической 5-балльной шкале. 4 ученика получили оценку «3», 21 ученик — оценку «4» и 12 учеников — оценку «5». Для обработки данных ученики были также распределены на 2 кластера: получившие «5» — успешные, получившие «3» и «4» — неуспешные.

С целью разделения выборки студентов на разные кластеры в зависимости от успешности деятельности на практикуме по английскому языку также был проведен кластерный анализ. В первый кластер вошли студенты, у которых были выше баллы по 7 параметрам из 12 (U-критерий, $p<0,05$), — успешные ($n=5$), чем у студентов, попавших во второй кластер — неуспешных ($n=5$).

Было выявлено, что у учеников начальной школы успешное освоение английского языка связано с высоким значением общей мощности спектра ВРС ($F(1, 5716)=195,50$; $p<0,001$) — см. рисунок. В этом кластере также отмечена высокая мощность как низкочастотного ($F(1, 5716)=25,907$; $p<0,001$), так и высокочастотного компонентов ($F(1, 5716)=233,99$; $p<0,001$), что свидетельствует о согласованном повышении активности симпатического и парасимпатического звеньев вегетативной регуляции.

У успешных учеников средней и старшей школы статистически значимо выше оказался только высокочастотный компонент спектра ВРС. При этом у всех успешных школьников во время урока отмечено более низкое напряжение регуляторных систем.

У студентов успешное освоение английского языка связано с высокой общей мощностью спектра регуляции сердечного ритма на занятии за счет увеличения значений всех его звеньев: симпатического ($F(1, 4967)=108,84$; $p<0,001$) и парасимпатического ($F(1, 4967)=171,03$; $p<0,001$). В отличие от школьников, ИВБ был выше у успешных студентов ($F(1, 4967)=27,431$; $p<0,001$), что свидетельствует о большем вкладе симпатической регуляции в процесс успешного освоения английского языка на профессиональном этапе. Также успешное освоение английского языка у студентов коррелировало с отсутствием изменения диаметра зрачка при работе с текстами на русском и английском языках. Это свидетельствует о схожести режимов вегетативной регуляции при выполнении лингвистических заданий на родном и иностранном языке при успешном освоении последнего.

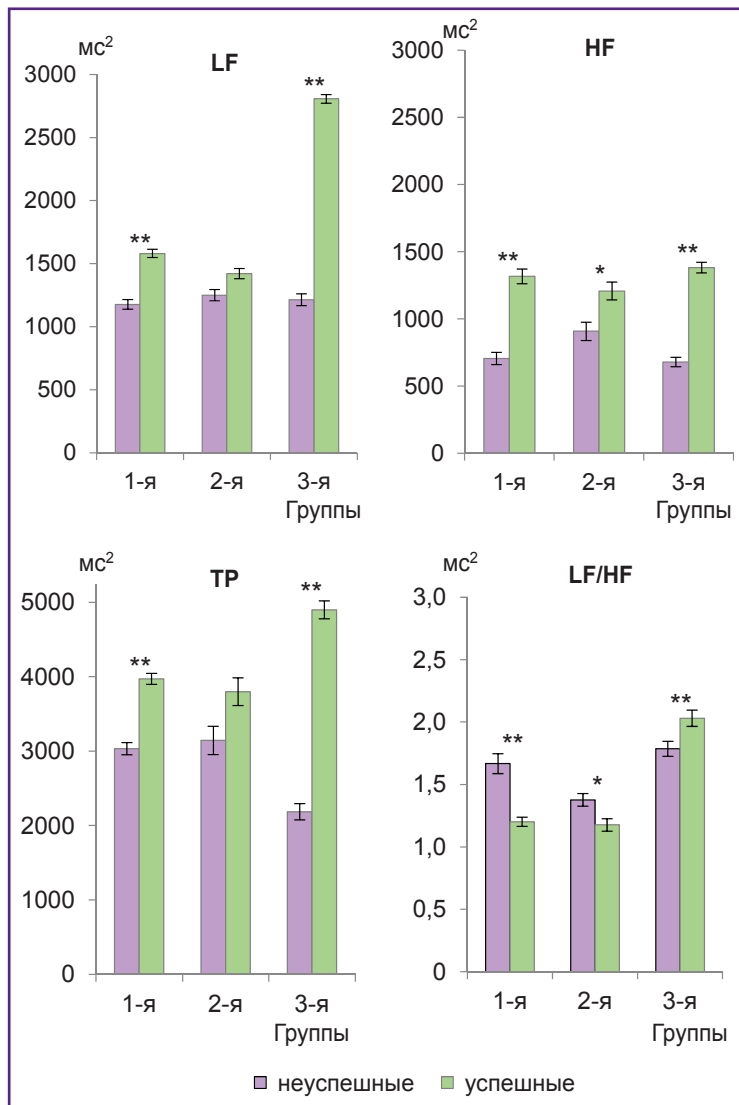
Влияние стрессогенности занятия на успешность освоения английского языка. В течение занятия по английскому языку проводился анализ распределения стресс-эпизодов (табл. 1). Выявлено, что фактор времени (фаза урока) значительно влияет на распределение стресс-эпизодов в течение всего периода обучения в школе: начало урока является наиболее стрессогенной фазой, а в середине урока стресс-эпизодов меньше, чем в конце (Фишер, тест LSD; $p<0,001$). Зависимости количества стресс-эпизодов от фазы занятия у студентов не выявлено.

После этого оценивали связь между количеством стресс-эпизодов и успешностью деятельности на уроке и занятии по английскому языку. Для 2-й и 3-й групп никаких закономерностей выявлено не было. Далее приводятся результаты анализа для 1-й группы.

Проводили кластеризацию методом К-средних для разделения выборки учеников по параметрам стрессогенности урока (количество стресс-эпизодов и доля времени стресс-реакций на уроке). В итоге выборка была разделена на два кластера: в первый вошли 8 учеников, у которых наблюдались меньшее количество стресс-эпизодов и меньшая доля времени стресс-реакций, чем у 8 учеников, попавших во второй кластер (U-критерий, $p<0,05$). Первый кластер был обозначен как кластер с низкой стрессовой нагрузкой, а второй — с высокой стрессовой нагрузкой.

В дальнейшем выборка была повторно кластеризована методом К-средних по показателям полезной активности на уроке, а результаты предыдущей кластеризации использовались в качестве группирующей переменной.

В результате было выделено три кластера: в первый ($n=5$) попали только те, у кого отмечена низкая стрессовая нагрузка на уроке; в третий ($n=4$) — те, у кого отмечена высокая стрессовая



Значения спектральных показателей ВРС у учеников начальной (1-я группа), средней и старшей (2-я группа) школы и студентов (3-я группа), успешных и не успешных на занятии по иностранному языку

* — статистически значимое различие значений между успешными и неуспешными учениками и студентами, $p<0,05$; ** — $p<0,001$ (по апостериорному критерию Фишера)

Таблица 1
Количество стресс-эпизодов по фазам урока

Фаза занятия	Время занятия, мин		4-й класс	5–11-е классы	Студенты
	Школа	Вуз			
Начало	0–15	0–30	6,1	4,9	6,9
Середина	15–30	30–60	3,1	2,8	7,1
Конец	30–45	60–90	3,6	3,9	8,8

нагрузка на уроке английского языка; во втором кластере оказались 7 человек.

Затем были сопоставлены баллы за успешность на уроке английского языка у учеников из первого (низкая стрессовая нагрузка) и третьего (высокая стрессовая нагрузка) кластера. Оказалось, что у учеников с низкой стрессовой нагрузкой на уроке отмечены значимо более высокие баллы по трем показателям активности (U-критерий, $p < 0,05$): «взаимодействие с группой», «аккуратность в использовании старого материала» и «использование старых структур».

Следовательно, низкая стрессовая нагрузка является фактором успешности процесса освоения английского языка.

Обсуждение результатов

При сравнительном анализе показателей ВРС у учащихся, начиная с 4-го класса и заканчивая обучением в вузе, были обнаружены специфические значения параметров для каждого этапа освоения английского языка. Оказалось, что значения активности как симпатического, так и парасимпатического контуров регуляции увеличиваются с возрастом, что может свидетельствовать как о возрастных особенностях вегетативной нервной системы (поздняя миелинизация тангенциальных волокон коры полушарий), так и о формировании и созревании лингвистической системы, обеспечивающей деятельность на английском языке. Независимо от возраста у всех групп добровольцев увеличивается активация симпатической нервной системы после занятия. Только на этапе начального освоения английского языка отмечено усиление центрального контура регуляции кардиоритма, активация парасимпатической нервной системы и снижение ИВБ после урока английского языка.

Результаты исследования демонстрируют изменения показателей ВРС на школьном уроке по английскому языку в разных классах и на занятии по английскому языку. Установлено, что в начале школьного урока отмечается наибольшее количество стресс-эпизодов, при этом наименее стрессогенной фазой является середина урока. Если учитывать, что структура

школьного урока регламентирована требованиями государственных стандартов, то можно выделить наиболее стрессогенные виды активности на уроке: организационный момент и проверка выполнения домашнего задания.

Подобного распределения стресс-эпизодов не выявлено в группе студентов, что может быть связано со спецификой занятий в школе и вузе. Структура занятия по английскому языку у студентов языковой специальности не линейна и предполагает постоянную смену разных видов деятельности. Поскольку измерения проводились на разных занятиях, структура их была разной, что делает затруднительным определение стрессогенных видов активности.

Характеристика показателей спектрального анализа ВРС у школьников и студентов, успешных на занятии по английскому языку, указывает на высокую мощность спектра регуляции за счет увеличения значений всех ее звеньев (LF и HF). При этом в отношении школьников ИВБ значимо выше у неуспешных учеников, что свидетельствует о большей выраженности активности парасимпатического контура регуляции у успешных школьников. Это может быть связано с активизацией селективного внимания у успешных учеников при выполнении лингвистических заданий [2]. В отношении же студентов ИВБ выше у успешных, что свидетельствует о большем вкладе симпатической регуляции. Выявлено, что активация симпатической нервной системы приводит к улучшению рабочей памяти [24]. Следовательно, можно полагать, что в контексте профессионального освоения иностранного языка большая роль принадлежит оперативной обработке информации. С одной стороны, хорошо развитая рабочая память обуславливает быстрое усвоение нового материала, с другой — сам факт изучения иностранного языка может способствовать совершенствованию мнестических процессов.

Анализ показателей ВРС в разных контекстах позволяет констатировать схожесть режимов вегетативной регуляции у школьников и студентов, успешных на занятии по английскому языку. Следовательно, для выполнения разных лингвистических заданий необходимы схожие функциональные состояния. Для всех возрастных этапов оптимальной является высокая активность вегетативной нервной системы. Отличие проявляется в соотношении симпатического и парасимпатического контуров: вклад симпатического контура более важен на студенческом этапе, а парасимпатического — на школьном (табл. 2).

Заключение

Проведенная работа позволяет выделить следующие основные факторы успешности процесса освоения иностранного языка студентами и школьниками. Фактором успешности для студентов является высокая активность вегетативной нервной системы с вы-

Таблица 2

Функциональное состояние учащихся в процессе освоения английского языка

Группы	Маркеры оптимального состояния			
	LF	HF	TP	ИВБ (LF/HF)
Начальная школа	Высокий	Высокий	Высокий	Низкий
Средняя и старшая школа	Высокий	Высокий	Высокий	Низкий
Студенты	Высокий	Высокий	Высокий	Высокий

раженным доминированием симпатической активации над парасимпатической. Оптимальное состояние для освоения чужого языка школьниками заключается в согласованной активации симпатического и парасимпатического контуров регуляции.

Финансирование исследования. Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (гранты №18-013-01225, 18-413-520006, 18-013-01169).

Конфликта интересов нет.

Литература/References

1. McCraty R., Atkinson M., Tomasino D., Bradley R.T. The coherent heart-brain interactions, psychophysiological coherence, and the emergence of system-wide order. *Integral Review* 2009; 5(2): 11–115.
2. McCraty R., Shaffer F. Heart rate variability: new perspectives on physiological mechanisms, assessment of self-regulatory capacity, and health risk. *Glob Adv Health Med* 2015; 4(1): 46–61, <https://doi.org/10.7453/gahmj.2014.073>.
3. Lacey J.I., Lacey B.C. Some autonomic-central nervous system interrelationships. In: Black P. (editor). *Physiological correlates of emotion*. Elsevier; 1970; 205–227, <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-102850-3.50016-5>.
4. Bradley R.T., McCraty R., Atkinson M., Tomasino D., Daugherty A., Arguelles L. Emotion self-regulation, psychophysiological coherence, and test anxiety: results from an experiment using electrophysiological measures. *Appl Psychophysiol Biofeedback* 2010; 35(4): 261–283, <https://doi.org/10.1007/s10484-010-9134-x>.
5. McCraty R., Atkinson M., Bradley R.T. Electrophysiological evidence of intuition: Part 2. A system-wide process? *J Altern Complement Med* 2004; 10(2): 325–236, <https://doi.org/10.1089/10755304323062310>.
6. Lane R.D., Reiman E.M., Ahern G.L., Thayer J.F. Activity in medial prefrontal cortex correlates with vagal component of heart rate variability during emotion. *Brain and Cognition* 2001; 47(1–2): 97–100.
7. Svensson T.H., Thorén P. Brain noradrenergic neurons in the locus coeruleus: inhibition by blood volume load through vagal afferents. *Brain Res* 1979; 172(1): 174–178, [https://doi.org/10.1016/0006-8993\(79\)90908-9](https://doi.org/10.1016/0006-8993(79)90908-9).
8. Schandry R., Montoya P. Event-related brain potentials and the processing of cardiac activity. *Biol Psychol* 1996; 42(1–2): 75–85, [https://doi.org/10.1016/0301-0511\(95\)05147-3](https://doi.org/10.1016/0301-0511(95)05147-3).
9. Montoya P., Schandry R., Müller A. Heartbeat evoked potentials (HEP): topography and influence of cardiac awareness and focus of attention. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1993; 88(3): 163–172, [https://doi.org/10.1016/0168-5597\(93\)90001-6](https://doi.org/10.1016/0168-5597(93)90001-6).
10. Zhang J.-X., Harper R.M., Frysinger R.C. Respiratory modulation of neuronal discharge in the central nucleus of the amygdala during sleep and waking state. *Exp Neurol* 1986; 91(1): 193–207, [https://doi.org/10.1016/0014-4886\(86\)90037-3](https://doi.org/10.1016/0014-4886(86)90037-3).
11. Umetani K., Singer D.H., McCraty R., Atkinson M. Twenty-four hour time domain heart rate variability and heart rate: relations to age and gender over nine decades. *J Am Coll Cardiol* 1998; 31(3): 593–601, [https://doi.org/10.1016/s0735-1097\(97\)00554-8](https://doi.org/10.1016/s0735-1097(97)00554-8).
12. Selye H. *The physiology and pathology of exposure to stress*. Montreal: Acta Inc., 1950.
13. Selye H. History of the stress concept. In: L. Goldberger, Breznitz S. (editors). *Handbook of stress: theoretical and clinical aspects*. New York: Free Press; 1993; p. 7–17.
14. Парин С.Б. Люди и животные в экстремальных ситуациях: нейрохимические механизмы, эволюционный аспект. Вестник НГУ. Серия: Психология 2008; 2(2): 118–135. Parin S.B. Humans and animals in extreme situations: neurochemistry mechanisms, evolutionary aspect. *Vestnik NGU. Seriya: Psikhologiya* 2008; 2(2): 118–135.
15. Парин С.Б. Нейрохимические и психофизиологические механизмы стресса и шока. Вестник Нижегородского государственного университета им. Н.И. Лобачевского 2001; 1: 20–28. Parin S.B. Neurochemical and psychophysiological mechanisms of stress and shock. *Vestnik Nizhegorodskogo gosudarstvennogo universiteta im. N.I. Lobachevskogo* 2001; 1: 20–28.
16. Полевая С.А., Некрасова М.М., Рунова Е.В., Бахчина А.В., Горбунова Н.А., Брянцева Н.В., Кожевников В.В., Шишалов И.С., Парин С.Б. Дискретный мониторинг и телеметрия сердечного ритма в процессе интенсивной работы на компьютере для оценки и профилактики утомления и стресса. Медицинский альманах 2013; 2(26): 151–155. Polevaya S.A., Nekrasova M.M., Runova E.V., Bakhchina A.V., Gorbunova N.A., Bryantseva N.V., Kozhevnikov V.V., Shishalov I.S., Parin S.B. Discrete monitoring and telemetry of heart beat during intensive work on the computer for the assessment and prophylaxis of fatigue and stress. *Meditsinskij al'manah* 2013; 2(26): 151–155.
17. Рунова Е.В., Григорьева В.Н., Бахчина А.В., Парин С.Б., Шишалов И.С., Кожевников В.В., Некрасова М.М., Каратушина Д.И., Григорьева К.А., Полевая С.А. Вегетативные корреляты произвольных отображений эмоционального стресса. Современные технологии в медицине 2013; 5(4): 69–77. Runova E.V., Grigoreva V.N., Bakhchina A.V., Parin S.B., Shishalov I.S., Kozhevnikov V.V., Nekrasova M.M., Karatushina D.I., Grigoreva K.A., Polevaya S.A. Vegetative correlates of conscious representation of emotional stress. *Sovremennye tekhnologii v meditsine* 2013; 5(4): 69–77.
18. Polevaia S., Parin S., Eremin E., Bulanov N., Chernova M., Parina I., Chikov M., Chernigovskaya T. Event-related telemetry (ERT) technology for study of cognitive functions. *Int J Psychophysiol* 2016; 108: 87–88, <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2016.07.274>.
19. Парин С.Б., Яхно В.Г., Цверов А.В., Полевая С.А. Психофизиологические и нейрохимические механизмы стресса и шока: эксперимент и модель. Вестник Нижегородского государственного университета им. Н.И. Лобачевского 2007; 4: 190–196. Parin S.B., Yakhno V.G., Tsvetov A.V., Polevaya S.A. Psychophysiological and neurochemical mechanisms of stress and shock: experiment and model. *Vestnik Nizhegorodskogo gosudarstvennogo universiteta im. N.I. Lobachevskogo* 2007; 4: 190–196.
20. Парин С.Б., Ветюгов В.В., Бахчина А.В., Полевая С.А. Роль эндогенной опиоидной системы в управлении вариабельностью сердечного ритма в контексте когнитивных нагрузок разного уровня. Современные технологии в медицине 2014; 6(4): 116–126. Parin S.B., Vetyugov V.V., Bakhchina A.V., Polevaya S.A. The role of the endogenous opioid system in the control of heart rate variability

under cognitive loads of various levels. *Sovremennye tekhnologii v meditsine* 2014; 6(4): 116–126.

21. Liversedge S.P., Drieghe D., Li X., Yan G., Bai X., Hyönä J. Universality in eye movements and reading: a trilingual investigation. *Cognition* 2016; 147: 1–20, <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2015.10.013>.

22. Демарева В.А., Полевая А.В., Кушина Н.В. Влияние плотности русского и английского языка на движения глаз при чтении. *Вестник психофизиологии* 2018; 4: 140–145. Demareva V.A., Polevaya A.V., Kushina N.V. The effect of language density on eye movements during silent reading in Russian and English. *Vestnik psikhofiziologii* 2018; 4: 140–145.

23. Демарева В.А., Полевая С.А. Вариабельность рит-

ма сердца как физиологический критерий для оценки влияния стрессовых нагрузок на успешность освоения английского языка школьниками младших классов. *Вестник психофизиологии* 2017; 1: 24–31. Demareva V.A., Polevaya S.A. Heart rate variability as a physiological criterion for assessing the impact of stress loads on the success of English language learning by primary schoolchildren. *Vestnik psikhofiziologii* 2017; 1: 24–31.

24. Ramsey A., Rolnick K., Smith R., Weng Ch., Li Y., Lokuta A. Activation of the human sympathetic nervous system: effects on memory performance. *Journal of Advanced Student Science* 2012; 1. URL: jass.neuro.wisc.edu/2012/01/Lab%20603%20Group%2010%20Final%20Submission%20Ramsey,%20Rolnick,%20Smith.pdf.