

<https://doi.org/10.17816/PED10451-59>

ВЫДЕЛЕНИЕ ГОЛОСА ЦЕЛЕВОГО ДИКТОРА В УСЛОВИЯХ РЕЧЕВОЙ КОНКУРЕНЦИИ У ШКОЛЬНИКОВ С РАЗЛИЧНЫМ ПСИХОЭМОЦИОНАЛЬНЫМ СТАТУСОМ

© В.О. Еркудов¹, Е.А. Огородникова², А.П. Пуговкин¹, И.В. Сергеев², Т.Н. Сляпцова³,
Е.О. Кундрат¹, П.А. Лупанова¹, М.А. Пахомова¹, М.Д. Денисенко⁴, А.Л. Балашов¹

¹ ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет» Минздрава России;

² ФГБУН «Институт физиологии им. И.П. Павлова» Российской академии наук, Санкт-Петербург;

³ ГБОУ «Средняя образовательная школа № 225 Адмиралтейского района Санкт-Петербурга»;

⁴ ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова» Минздрава России, Санкт-Петербург

Для цитирования: Еркудов В.О., Огородникова Е.А., Пуговкин А.П., и др. Выделение голоса целевого диктора в условиях речевой конкуренции у школьников с различным психоэмоциональным статусом // Педиатр. – 2019. – Т. 10. – № 4. – С. 51–59. <https://doi.org/10.17816/PED10451-59>

Поступила: 10.06.2019

Одобрена: 15.07.2019

Принята к печати: 19.08.2019

Оценку параметров variability сердечного ритма (ВСР) как объективных маркеров психоэмоционального состояния широко используют в условиях образовательного учреждения. Эта методика может быть применена при тестировании восприятия речевых сигналов у школьников. **Цель работы** – сравнительный анализ характеристик ВСР, как объективного показателя, связанного с психоэмоциональным напряжением школьника и слухового восприятия речи в условиях сложной сцены: конкуренции речевых сигналов, произнесенных разными голосами.

Методы. Обследовано 44 подростка обоего пола от 13 до 16 лет. У испытуемых были зарегистрированы основные показатели ВСР и результаты распознавания конкурирующих речевых сигналов – разных слов, одновременно произнесенных женским и мужским голосом. Анализ показателей ВСР позволил выявить преобладание тонуса симпатической или парасимпатической нервной системы и позволил судить, соответственно, о высоком или умеренном психоэмоциональном напряжении у конкретного испытуемого. **Результаты.** При выделении целевых слов, произнесенных женским голосом, число правильных распознаваний у детей с преобладанием тонуса симпатической системы составило 96 %, парасимпатической – 87 %. При выделении и распознавании слов, произнесенных мужским голосом оно было одинаковым у детей с преобладанием и симпатической и парасимпатической нервных систем – по 88 %. Поскольку в начальной школе педагогический состав представлен в основном женщинами, возможно, в развивающемся мозгу ребенка имеет место более эффективное запечатление женского тембра голоса. В условиях психоэмоционального напряжения эти связи используются с повышенной эффективностью.

Ключевые слова: подростки; variability сердечного ритма; тонус вегетативной нервной системы; мужской голос; женский голос; школьная среда.

TARGET ANNOUNCER VOICE DETECTION BY SCHOOLCHILDREN OF DIFFERENT PSYCHOPHYSIOLOGICAL STATUS IN CASE OF VOCAL COMPETITION

© V.O. Yerkudov¹, E.A. Ogorodnikova², A.P. Pugovkin¹, I.V. Sergeev², T.N. Sliaptsova³,
E.O. Kundrat¹, P.A. Lupanova¹, M.A. Pakhomova¹, M.D. Denisenko⁴, A.L. Balashov¹

¹ St. Petersburg State Pediatric Medical University, Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Russia;

² I.P. Pavlov Institute of Physiology, Russian Academy of Science, St. Petersburg, Russia;

³ Secondary school No. 225, St. Petersburg, Russia

⁴ North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov, Saint Petersburg, Russia

For citation: Yerkudov VO, Ogorodnikova EA, Pugovkin AP, et al. Target announcer voice detection by schoolchildren of different psychophysiological status in case of vocal competition. *Pediatrician (St. Petersburg)*. 2019;10(4):51-59. <https://doi.org/10.17816/PED10451-59>

Received: 10.06.2019

Revised: 15.07.2019

Accepted: 19.08.2019

Management of variability of the cardiac rhythm (VCR) is widely applied as a marker of psycho emotional state in educational institutions. This approach is suitable for testing properties of the pupils for the detection of vocal signals.

The aim of the study was a comparative analysis of VCR as an objective parameter corresponded with psycho-emotional tension and acoustic perception of the speech in youngsters under sophisticated condition of the competition between vocal

signals pronounced by different individuals. **Methods.** VCR was measured in 44 male and female youngsters 13–16 years old with the comparison of identification of competing acoustic signals – random sequences of words simultaneously pronounced by male or female voice. VCR analysis provided distinction the prevalence of sympathetic versus parasympathetic tone reflecting high or moderate level of psycho-emotional tension. **Results.** Identification of target words pronounced by female voice in subjects with prevalence of sympathetic or parasympathetic tone was correct in 96% and 87% respectively. Target words pronounced by the male voice were correctly identified in 88% cases in both groups. It is suggested that in primary schools where women compose majority of teachers, the developing juvenile brain imprints the corresponding acoustic wave band. Under the conditions of psycho-emotional tension these links are realized with maximal effectiveness.

Keywords: female voice; male voice; parasympathetic tone; secondary school; sympathetic tone; teenagers; variability of cardiac rhythm.

Процесс адаптации детей к образовательной среде нередко сопровождается формированием у них тревожных состояний, сочетающихся с изменением регуляции сердечной деятельности [6, 11]. Увеличение тонуса симпатической нервной системы в отношении сердца и, как следствие, изменение кардиоритма при развитии психоэмоционального напряжения у ребенка в условиях средней школы [6, 11, 12] открывает возможность использования скринингового анализа вариабельности сердечного ритма (ВСР) в качестве маркера данного состояния [7, 9]. Эта возможность может быть применена к условиям тестирования восприятия речевых сигналов у школьников разного возраста. Акцент в этом направлении определяют современными тенденциями в области коммуникативного поведения детей и статистики проявлений трудностей обучения, связанных с недостаточной сформированностью функции речи и навыков слухового анализа речевых и неречевых сигналов, наблюдающихся с дошкольного возраста. Это имеет место как при наличии специфических сенсорно-когнитивных нарушений, так и при условно нормальном развитии ребенка [15, 17].

Исследование направлено на выявление связи восприятия одного из базовых параметров речи — голоса, участвующего в идентификации и передаче психофизиологических особенностей диктора и интонации высказывания [14, 16], в условиях эмоционально-зависимого преобладания тонуса симпатической либо парасимпатической системы у слушателей. Задача представляется актуальной в связи с проблемой слухового анализа сложной акустической сцены с выделением целевого диктора и распознаванием его речи [23] в условиях образовательной среды. В аспекте усвоения учебной информации значимость этой проблемы многократно возрастает из-за нарастающей визуализации процессов обучения и коммуникации с помощью цифровых технологий.

Цель работы — сравнительный анализ характеристик ВСР как объективного показателя, связанного с психоэмоциональным напряжением школьника и слухового восприятия речи в услови-

ях сложной сцены: конкуренции речевых сигналов, произнесенных разными голосами.

МЕТОДЫ

Исследование выполнено в рамках договора о сотрудничестве между Санкт-Петербургским педиатрическим медицинским университетом и средней общеобразовательной школой № 225 Адмиралтейского района Санкт-Петербурга, на базе которой проводилась работа. В обследовании приняли участие 44 подростка обоего пола, из них 31 девушка и 13 юношей в возрасте от 13 до 16 лет — ученики данной школы. Родители или законные представители каждого ребенка подписывали информированное согласие на участие школьника в исследовании. Работа проводилась с соблюдением основных норм биомедицинской этики в соответствии с документом «Этические принципы проведения медицинских исследований с участием людей в качестве субъектов исследования» (Хельсинкская декларация Всемирной медицинской ассоциации 1964 г. с изменениями и дополнениями на 2008 г.). Всем добровольцам в течение факультативного урока-семинара «Основы организации научных исследований» в положении сидя проводили регистрацию фотоплетизмограммы на I пальце правой руки с применением программно-аппаратного комплекса BioMouse («Биомышь исследовательская КПФ-01b», ЗАО «Нейролаб», Россия) с целью последующего анализа кардиоинтервалограммы. Подобный способ получения кардиоинтервалов является эффективным и общепринятым [24, 29]. С помощью компьютерной системы сбора и анализа данных «Комплекс BioMouse», версия 3.1, сборка 4120 (редакция 2733) производства ЗАО «Нейролаб» рассчитывались основные показатели ВСР. Анализировали среднюю частоту сердечных сокращений (ЧСС, уд/мин); среднее значение кардиоинтервалов (RR, мс); разброс кардиоинтервалов (MxDMn, мс); среднее квадратичное отклонение NN кардиоинтервала (SDNN, мс); среднеквадратичное различие между длительностью соседних RR интервалов (RMSSD, мс); долю соседних интервалов RR, кото-

рые различаются более, чем на 50 мс, выраженную в процентах (pNN50, %); амплитуду моды — процентное соотношение кардиоинтервалов, попавших в диапазон моды (АМо, %); индекс напряжения вычислялся на основании анализа графика распределения кардиоинтервалов — вариационной пульсограммы (ИН, усл. ед.); мощность и относительную величину (%) высокочастотной составляющей спектра (High Frequency, HF, мс², и HF, %); мощность и относительную величину низкочастотной составляющей спектра (Low Frequency, LF, мс², и LF, %); мощность и относительную величину «очень» низкочастотной составляющей спектра (Very Low Frequency, VLF, мс², и VLF, %); мощность и относительную величину в ультранизкочастотной составляющей спектра (Ultra Low Frequency, ULF, мс², и ULF, %); суммарную мощность всех компонентов спектра (Total Power, TP, мс²).

На основании анализа параметров ВСР осуществляли отбор испытуемых в экспериментальные группы согласно общепринятой методике [22]. На первом этапе отбора критерием включения испытуемого в группу детей с преобладанием тонуса симпатической нервной системы (ПТСНС) являлась одна из двух комбинаций у данного испытуемого: либо ИН больше 100 усл. ед. и VLF больше 240 мс², либо ИН больше 100 усл. ед. и VLF преимущественно 240 мс² [22]. Критерием включения испытуемого в группу детей с преобладанием тонуса парасимпатической нервной системы (ПТПНС) была одна из двух комбинаций у данного испытуемого: либо ИН больше 25 и меньше 100 усл. ед. и VLF больше 240 мс², либо ИН меньше 25 усл. ед. и VLF больше 500 мс² [22]. Критерием исключения испытуемого из обследования являлось непопадание полученных ИН и (или) VLF в указанные диапазоны. На втором этапе проводилось сравнение всех показателей ВСР с целью выявления их отличительных особенностей в группах детей с ПТСНС и ПТПНС. В соответствии с этой методикой [22], у детей с ПТСНС имеют место статистически значимо большие значения АМо, %, и ИН и меньшие значения RR, MxDMn, RMSSD, pNN50 %, SDNN, TP и HF. Преобладание ПТПНС характеризуется статистически значимым возрастанием значений RR, MxDMn, RMSSD, pNN50 %, SDNN, TP и HF и снижением АМо, %, и ИН. Результаты данного сравнения считались дополнительным критерием разделения испытуемых по преобладанию тонуса вегетативной нервной системы (ВНС). При отсутствии указанных отличий классификация испытуемых на группы с ПТСНС и ПТПНС считалась несостоятельной [22].

Для оценки характеристик слухового анализа использовали тест «Речевой коктейль» из набора инструментальных методик, разработанных в лаборатории психофизиологии речи Института физиологии им. И.П. Павлова РАН, совместно с Санкт-Петербургским НИИ уха, горла, носа и речи МЗ РФ, используемых при реабилитации пациентов после кохлеарной имплантации [10, 19], а также в образовательных учреждениях [4, 17, 19]. Измерения проводили с помощью переносного комплекса, включающего ноутбук, головные телефоны Sennheiser HD555 и запатентованное программное обеспечение AudioStudy version 2.1 для звуковой стимуляции и фиксации ответов испытуемого в формате таблиц Excel из прикладного пакета Microsoft Office 2010 [18]. Прослушивание осуществляли на комфортном уровне стимуляции, соответствующем 60–65 дБ относительно порога слышимости тестового сигнала. Испытуемым предъявляли 10 пар трехсложных слов, произнесенных одновременно двумя дикторами — мужчиной (средняя частота основного тона голоса — F₀ср = 108 Гц) и женщиной (F₀ср = 185 Гц). Слова не имели семантических связей друг с другом, например «борода», «барабан», «ягода», «диван». Голосовые характеристики дикторов соответствовали стандартным диапазонам распределения значений F₀ по половому признаку [14]. Перед испытуемыми стояла задача выделения и распознавания целевых слов из предъявляемого «речевого коктейля». В рамках первой серии опытов целевыми являлись слова, сказанные женским голосом, второй серии — мужским. Программа фиксировала ответы: правильные, ошибочные и пропуски, а также измеряла время реакции на слуховой стимул у испытуемого [18].

Сравнение показателей ВСР, а также времени реакции на звуковой стимул у детей в двух независимых выборках (группы ПТСНС и ПТПНС) проводили с применением *U*-критерия Манна–Уитни. Вычисления производили с применением встроенных функций Excel из прикладного пакета Microsoft Office 2010; программы статистической обработки данных Past version 2.17, Norway, Oslo, 2012 [21, 26]. Количественное сравнение числа правильных или ошибочных ответов и пропусков проводилось оценкой однородности распределения данных показателей у детей в группах ПТСНС и ПТПНС. Для этого использовали точный критерий Фишера для таблиц сопряженности признаков 2 × 3 с вычислением доли правильных или ошибочных ответов и пропусков у испытуемых в двух экспериментальных группах. Расчеты производили с применением встроенных функций

Excel из прикладного пакета Microsoft Office 2010 и алгоритма статистической обработки данных StatXact-8 с программной оболочкой Cytel Studio version 8.0.0 [21]. Во всех случаях статистически значимыми считали результаты при $p < 0,05$. Полученные данные представлены в виде: средних значений параметра ВСР или времени реакции на звуковой стимул, доли правильных или ошибочных ответов и пропусков у испытуемых в группах ПТСНС и ПТПНС, а также нижней границы 95 % доверительного интервала (CI); верхней границы 95 % доверительного интервала параметра ВСР или времени реакции на звуковой стимул, параметра ВСР или времени реакции на звуковой стимул (μ (L.L.; U.L. 95 % CI)).

РЕЗУЛЬТАТЫ

В результате исследования выявлено долевое соотношение испытуемых с ПТСНС 0,16 (0,07; 0,31) и ПТПНС 0,84 (0,69; 0,93) по отношению к общему числу обследованных, что соответствует данным литературы [3, 6, 13].

Анализ показал, что у детей с ПТСНС имеют место статистически значимо большие значения АМо, %, и ИН и статистически меньшие значения RR, MxDMn, RMSSD, pNN50 %, SDNN, TP и HF, чем у школьников с ПТПНС (табл. 1). У испытуе-

мых с ПТПНС обнаружено статистически значимо большие значения RR, MxDMn, RMSSD, pNN50 %, SDNN, TP и HF и статистически значимо меньшие значения АМо, %, и ИН, чем у детей с ПТСНС (табл. 1).

Из результатов исследования видно, что при выявлении целевого слова, произнесенного женским голосом, распределение доли правильных или ошибочных ответов и пропусков не однородно и отличается у испытуемых в группе с ПТСНС и ПТПНС. Следовательно, доли правильных или ошибочных ответов и пропусков зависят от преобладания тонууса вегетативной нервной системы на выбранном уровне значимости (табл. 2).

Определено, что при выявлении целевого слова, произнесенного мужским голосом, распределение доли правильных или ошибочных ответов и пропусков однородно и не отличается у испытуемых в группах с ПТСНС и ПТПНС. Следовательно, доли правильных или ошибочных ответов и пропусков не зависят от преобладания тонууса вегетативной нервной системы на выбранном уровне значимости (табл. 3).

При этом гендерных различий восприятия целевого слова, произнесенного мужским и женским голосом, не обнаружено: распределение доли правильных или ошибочных ответов и пропусков

Таблица 1 / Table 1

Оценка тонууса вегетативной нервной системы по комплексу показателей ВСР (μ (L.L.; U.L. 95 % CI))
Assessment of vegetative system tone by a complex of cardiac rhythm variability (μ (L.L.; U.L. 95 % CI))

Показатель / Parameter	Группа детей / Children		p-значения / p-values
	С ПТСНС / With prevailing sympathetic nervous system	С ПТПНС / Wailing parasympathetic nervous system	
ЧСС, уд/мин / Heart rate, contractions per minute	94,87 (89,07; 100,87)	72,16 (73,54; 80,76)	0,0001906
RR, мс	633,86 (596,36; 671,35)	794,85 (754,17; 835,53)	0,0001905
MxDMn, мс	273,43 (279,27; 299,58)	675,44 (576,67; 775,20)	$3,20 \cdot 10^{-5}$
SDNN, мс	42,43 (35,15; 49,71)	133,18 (104,62; 161,74)	$3,88 \cdot 10^{-5}$
RMSSD, мс	604,30 (547,94; 660,66)	1198,58 (1078,80; 1318,30)	$3,65 \cdot 10^{-5}$
pNN50, %	3,80 (2,61; 4,99)	15,91 (13,62; 18,21)	$3,641 \cdot 10^{-5}$
АМо, %	43,91 (35,50; 52,33)	27,47 (24,90; 30,05)	0,0003077
ИН, усл. ед.	128,23 (99,43; 157,03)	36,76 (29,46; 44,07)	$3,193 \cdot 10^{-5}$
HF, мс ²	865,79 (691,18; 1040,40)	1603,68 (1448,30; 1759,10)	0,0002427
HF, %	38,17 (34,23; 42,11)	31,62 (28,31; 34,93)	0,0639
LF, мс ²	909,03 (707,80; 1110,30)	1940,21 (1691,30; 2189,10)	0,118
VLF, мс ²	378,53 (308,31; 448,75)	1437,47 (1101,80; 1773,10)	0,000165
VLF, %	16,69 (14,87; 18,51)	23,05 (20,49; 25,61)	0,03754
ULF, мс ²	124,96 (71,91; 178,00)	684,85 (449,83; 919,86)	0,0073
ULF, %	5,43 (3,49; 7,37)	9,76 (7,36; 12,17)	0,2212
TP, мс ²	2278,30 (1855,60; 2701,00)	5666,21 (4828,90; 6503,60)	$4,166 \cdot 10^{-5}$

однородно и не отличается у юношей и девушек. Следовательно, доли правильных или ошибочных ответов и пропусков не зависят от гендерной принадлежности испытуемого на выбранном уровне

значимости (табл. 4). Такой результат свидетельствует о возможности формирования гендерно однородной экспериментальной группы испытуемых для решения указанных задач.

Таблица 2 / Table 2

Параметры выявления целевых слов, произнесенных женским голосом у подростков с различным тоном вегетативной нервной системы (μ (L.L.; U.L. 95 % CI))
Goal-driven (target) words revelation parameters in case of female voice vocalization in adolescents with vegetative system tone various types (μ (L.L.; U.L. 95 % CI))

Группа детей / Children	Параметр / Parameter					
	Доля правильных ответов / Correct answers percentage	Доля ошибок / Incorrect answers percentage	Доля пропусков / Percentage of skipped questions	p -значение / p -values	Время реакции, мс / Time of reaction, ms	p -значение / p -values
С ПТСНС / With prevailing sympathetic nervous system	0,87 (0,66; 0,97)	0,10 (0,018; 0,29)	0,03 (0,00056; 0,20)	0,003223	3,18 (2,76; 3,60)	0,007311
С ПТПНС / With prevailing parasympathetic nervous system	0,96 (0,91; 0,98)	0,044 (0,018; 0,09)	0 (0; 0,02)		2,57 (2,43; 2,72)	

Таблица 3 / Table 3

Параметры выявления целевых слов, произнесенных мужским голосом у подростков с различным тоном вегетативной нервной системы (μ (L.L.; U.L. 95 % CI))
Goal-driven (target) words revelation parameters in case of male voice vocalization in adolescents with vegetative system tone various types (μ (L.L.; U.L. 95 % CI))

Группа детей / Children	Параметр / Parameter					
	Доля правильных ответов / Correct answers percentage	Доля ошибок / Incorrect answers percentage	Доля пропусков / Percentage of skipped questions	p -значение / p -values	Время реакции, мс / Time of reaction, ms	p -значение / p -values
С ПТСНС / With prevailing sympathetic nervous system	0,89 (0,71; 0,97)	0,11 (0,028; 0,29)	0 (0; 0,12)	0,7585	2,48 (2,16; 2,81)	0,5924
С ПТПНС / With prevailing parasympathetic nervous system	0,88 (0,81; 0,93)	0,12 (0,068; 0,19)	0,0054 ($9,08 \cdot 10^{-5}$; 0,05)		2,79 (2,16; 2,81)	

Таблица 4 / Table 4

Гендерные различия опознавания слов, произнесенных мужским и женским голосом (μ (L.L.; U.L. 95 % CI))
Gender differences in words' revelation pronounced by a masculine and feminine voices (μ (L.L.; U.L. 95 % CI))

Группа испытуемых / Test group	Параметр / Parameter					
	Доля правильных ответов / Correct answers percentage	Доля ошибок / Incorrect answers percentage	Доля пропусков / Percentage of skipped questions	p -значение / p -values	Время реакции, мс / Time of reaction, ms	p -значение / p -values
Опознавание слов, произнесенных мужским голосом / Recognition of words pronounced by masculine voice						
Юноши / Young men	0,90 (0,79; 0,96)	0,08 (0,03; 0,19)	0,014 (0,00024; 0,09)	0,2969	2,80 (2,26; 3,36)	0,9955
Девушки / Young girls	0,86 (0,80; 0,92)	0,14 (0,08; 0,20)	0 (0; 0,02)		2,70 (2,46; 2,92)	
Опознавание слов, произнесенных женским голосом / Recognition of words pronounced by feminine voice						
Юноши / Young men	0,89 (0,78; 0,96)	0,09 (0,04; 0,20)	0,013 (0,00022; 0,08)	0,3337	2,79 (2,45; 3,13)	0,3185
Девушки / Young girls	0,92 (0,86; 0,96)	0,08 (0,04; 0,14)	0 (0; 0,02)		2,57 (2,42; 2,73)	

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

В настоящем исследовании выявлена связь между разделением испытуемых на группы с ПТСНС и ПТПНС, соответственно с повышенным и умеренным психоэмоциональным напряжением, и результатами слухового восприятия при выделении целевого голоса в условиях речевой конкуренции. Это подтвердило важную роль голосовых характеристик в распознавании речи, идентификации диктора и его эмоционального состояния, о котором свидетельствуют данные психофизических и электрофизиологических исследований, а также разработки автоматизированных систем распознавания речи и эмоций говорящего [16, 28, 30]. При этом зависимость от преобладания тонуса того или иного отдела вегетативной нервной системы была получена только в отношении целевого женского голоса. Так, при распознавании слов, произнесенных женским голосом, число правильных ответов в подгруппах с преобладанием тонуса симпатической системы составило 96 %, парасимпатической — 87 % (табл. 4). При распознавании слов, произнесенных мужским голосом, оно было одинаковым в обеих подгруппах — по 88 % (см. табл. 3). Таким образом, показан активирующий эффект психоэмоционального напряжения, развивающегося у некоторых детей в условиях школы, в отношении восприятия субъективно значимых элементов информационной среды, имеющих звуковые характеристики, близкие к параметрам женского голоса.

Одним из факторов, влияющих на полученный в работе результат, может быть широкое представительство женщин в педагогике, особенно в дошкольном и начальном школьном образовании, где оно может достигать 98–100 %. В целом, по данным Центра социологических исследований МГУ им. М.В. Ломоносова, доля женщин среди учителей составляет в России около 81 % [5]. Приведенные данные подтверждают наблюдения, проведенные авторами в школах, с которыми имело место сотрудничество. Так, по данным, предоставленным администрацией ГБОУ СОШ № 225 Адмиралтейского района Санкт-Петербурга, из общего числа сотрудников (30 человек) в начальной школе педагогический состав полностью представлен женщинами (10 человек), в средних и старших классах сотрудников мужчин пятеро, а женщин — 20. Подобное соотношение имеет место и в МБОУ СОШ № 7 г. Гатчины Ленинградской области. Всего в этом учебном заведении работают 39 учителей, из них в начальной школе преподают только женщины в количестве 16 человек, в средних и старших классах педагогов мужчин насчитывается всего трое, а женщин — 20 человек.

Таким образом, в развивающемся мозгу ребенка происходит запечатление информационного потока, имеющего звуковые характеристики женского голоса, подкрепляемые ассоциациями со зрительным образом педагога и школьного, или дошкольного учреждения. Учитывая результаты настоящего исследования, возможно, при психоэмоциональном напряжении под влиянием нейрогуморальных механизмов в условиях образовательной среды сформированные ранее связи используются с новой эффективностью [20].

Следует отметить, что исследования в этой области вызывают все больший интерес в медицине, физиологии, психологии и педагогике [1, 2, 7, 8, 10, 11, 25, 27]. С этой точки зрения результаты проведенных измерений представляют интерес для организации образовательного процесса и речевой среды учащихся, а также демонстрируют эффективность применения комбинированного экспериментального подхода к дальнейшей разработке данного направления исследований.

ВЫВОДЫ

1. Показана эффективность использования комбинированного подхода с регистрацией показателей вегетативного реагирования и психофизического тестирования при распознавании речевых сигналов в условиях сложной акустической сцены.
2. Обнаружено, что в условиях психоэмоционального напряжения, выраженного в увеличенном тонусе симпатической нервной системы, имеет место эффект улучшения восприятия слов, произнесенных женским, но не мужским голосом.
3. Сделаны предположения о возможных биологических и социальных факторах, обуславливающих полученные результаты.

Авторы подтверждают отсутствие конфликта интересов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Александрова Л.Ю., Ваторопина С.В. Мать как субъект речевого развития ребенка раннего возраста // Научно-методический электронный журнал «Концепт». – 2014. – Т. 13. – С. 41–45. [Aleksandrova LYu, Vatoropina SV. Mat' kak sub"ekt rechevogo razvitiya rebenka rannego vozrasta. *Nauchno-metodicheskiy elektronnyy zhurnal "Kontsept"*. 2014;13:41-45. (In Russ.)]
2. Ахутина Т.В., Засыпкина К.В., Романова А.А. Предпосылки и ранние этапы развития речи: новые данные // Вопросы психолингвистики. – 2013. – № 17. – С. 20–43. [Akhutina TV, Zasykina KV, Romanova AA. Prerequisites and early stages of language

- development: new data. *Voprosy psikholingvistiki*. 2013;(17):20-43. (In Russ.)]
3. Багнетова Е.А. Качество жизни и психоэмоциональное состояние старшеклассников // Актуальные научные исследования в современном мире. – 2017. – № 12–3. – С. 14–16. [Bagnetova EA. Quality of life and psycho-emotional state of high school students. *Aktual'nye nauchnye issledovaniya v sovremennom mire*. 2017;(12-3):14-16. (In Russ.)]
 4. Белова Н.Ю., Ермакова А.Г., Огородникова Е.А., и др. Использование компьютерного тренажера «Учись слушать» для развития слухоречевого восприятия детей с нарушениями слуха и речи в условиях образовательного учреждения // Российская оториноларингология. – 2013. – № 3. – С. 15–23. [Belova NYu, Ermakova AG, Ogorodnikova EA, et al. Using of the computer-based training simulator “Learn to listen” for the development of auditory perception of children with hearing and speech disorders in education set. *Russian otorhinolaryngology*. 2013;(3):15-23. (In Russ.)]
 5. Гриненко С.В. Гендерная асимметрия в образовании // Современные научные исследования и инновации. – 2014. – № 12. [Grinenko SV. Gender gap in education. *Modern scientific researches and innovations*. 2014;(12). (In Russ.)]
 6. Даян А.В., Оганнисян А.О., Геворкян Э.С., и др. Реакция сердечной деятельности старшеклассников школ с дифференцированным обучением на экзаменационный стресс // Физиология человека. – 2003. – Т. 29. – № 2. – С. 37–43. [Dayan AV, Oganisyan AO, Gevorkyan ES, et al. Reaction of Cardiac Activity of Senior Pupils of Schools Providing Differentiated Education upon Examination Stress. *Fiziol Cheloveka*. 2003;29(2):37-43. (In Russ.)]
 7. Демарева В.А., Полевая С.А. Вариабельность ритма сердца как физиологический критерий для оценки влияния стрессовых нагрузок на успешность освоения английского языка школьниками младших классов // Вестник психофизиологии. – 2017. – № 1. – С. 24–31. [Demareva VA, Polyakova SA. The heart rate variability as a physiological criterion for evaluating the effect of stress loads on the success of teaching English to primary school children. *Vestnik psikhofiziologii*. 2017;(1):24-31. (In Russ.)]
 8. Еремина Ю.А. Ранний материнский копинг и его взаимосвязь с психосоциальным развитием ребенка в возрасте от одного года до трех лет // Научно-педагогическое обозрение. – 2017. – № 2. – С. 37–47. [Eremina YuA. The early maternal coping and its connection with psychosocial development of a child aged from one to three years. *Nauchno-pedagogicheskoe obozrenie*. 2017;(2):37-47. (In Russ.)]. [https://doi.org/ 10.23951/2307-6127-2017-2-37-47](https://doi.org/10.23951/2307-6127-2017-2-37-47).
 9. Зайцева О.И., Колодяжная Т.А. Состояние и связь вегетативной нервной системы с психоэмоциональным статусом у школьников // Современные проблемы науки и образования. – 2016. – № 2. – С. 31. [Zajceva O.I., Kolodyazhnaya T.A. State and communication vegetative nervous system with psycho-emotional status in schoolchildren. *Modern problems of science and education*. 2016;(2):31. (In Russ.)]
 10. Королева И.В., Огородникова Е.А., Пак С.П., и др. Методические подходы к оценке динамики развития процессов слухоречевого восприятия у детей с кохлеарными имплантами // Российская оториноларингология. – 2013. – № 3. – С. 75–84. [Koroleva IV, Ogorodnikova EA, Pak SP, et al. Methodological approaches to assessment of progress in auditory-speech processing in children with cochlear implants. *Russian otorhinolaryngology*. 2013;(3):75-84. (In Russ.)]
 11. Криволапчук И.А., Чернова М.Б., Савушкина Е.В. Функциональное состояние школьников 13–14 лет в условиях напряженной когнитивной нагрузки в зависимости от стадий полового созревания и двигательной подготовленности // Новые исследования. – 2016. – № 4. – С. 44–54. [Krivolapchuk IA, Chernova MB, Savushkina EV. Functional state of 13–14-year-old school children under intensive cognitive load depending on their puberty and motor readiness stages. *Novye issledovaniia*. 2016;(4):44-54. (In Russ.)]
 12. Лаптева Е.А., Любовец В.Б., Мамалыга Л.М. Итоговая аттестация в формате ГИА и ЕГЭ: психофизиологические особенности состояния детей 9 и 11 классов при функциональной нагрузке, обусловленной сдачей экзаменов // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 7–3. – С. 575–579. [Lapteva EA, Lubovtcev VB, Mamalyga LM. Psychophysiological features of the condition of students of the 9 and 11 forms under functional load during national state exams and state final attestation. *Fundamental research*. 2013;(7-3):575-579. (In Russ.)]
 13. Литвиненко Н.В. Школьная тревожность как показатель нарушения адаптации школьников к образовательной среде // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 5. – С. 627. [Litvinenko NV. School anxiety as an indication of adaptation disorder of pupils to educational environment. *Modern problems of science and education*. 2014;(5):627. (In Russ.)]
 14. Ляксо Е.Е., Огородникова Е.А., Алексеев Н.П. Психофизиология слухового восприятия. – СПб.: Санкт-Петербургский государственный институт психологии и социальной работы, 2013. – 112 с. [Lyakso EE, Ogorodnikova EA, Alekseev NP. *Psikhofiziologiya slukhovogo vospriyatiya*. Saint Petersburg: Sankt-Peterburgskiy gosudarstvennyy institut psikhologii i sotsial'noy raboty; 2013. 112 p. (In Russ.)]
 15. Мамайчук И.И., Шумская Н.А. Взаимосвязь структурно-уровневых характеристик интеллекта и нейро-

- психологических факторов у дошкольников с задержкой психического развития церебрально-органического генеза // Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 12. Психология. Социология. Педагогика. – 2013. – № 3. – С. 70–79. [Mamaichuk II, Shumskaya NA. Correlation between structure and levels of intelligence and neuropsychological factors of children with developmental delay of cerebral origin. *Modern problems of science and education*. 2013;(3):70-79. (In Russ.)]
16. Николаева Т.М. Интонационный поток и его функциональные соседи. В кн.: Человек говорящий: исследования XXI века. – Иваново: Ивановский государственный химико-технологический университет, 2012. – С. 83–89. [Nikolaeva TM. Intonatsionnyy potok i ego funktsional'nye sosed. V kn.: Chelovek govoryashchiy: issledovaniya XXI veka. Ivanovo: Ivanovskiy gosudarstvennyy khimiko-tekhnologicheskii universitet; 2012. P. 83-89. (In Russ.)]
 17. Огородникова Е.А., Галкина Е.В., Столярова Э.И., и др. Сравнение характеристик звукового анализа и невербального интеллекта у детей дошкольного возраста с нормальным слухом и тугоухостью // Российская оториноларингология. – 2018. – № 2. – С. 72–79. [Ogorodnikova E.A., Galkina E.V., Stolyarova E.I., et al. Comparison of characteristics of acoustic analysis and non-verbal intelligence in preschool children with normal hearing and with hearing loss. *Russian otorhinolaryngology*. 2018;(2):72-79. (In Russ.)] <https://doi.org/10.18692/1810-4800-2018-2-72-79>.
 18. Способ реабилитации и развития слухоречевой функции у пациентов с кохлеарными имплантами. Пат. 2342109 РФ / Огородникова Е.А., Королева И.В., Пак С.П. Заявл. 20.06.2007. [Sposob reabilitatsii i razvitiya slukhorechevoy funktsii u patsientov s kokhlearnymi implantami. Pat. 2342109 RUS / Ogorodnikova EA, Koroleva IV, Pak SP. Zayavl. 20.06.2007. (In Russ.)]
 19. Огородникова Е.А., Октябрьский В.П., Пак С.П., и др. Использование программных средств для обучения слабослышащих и инофонов // Сенсорные системы. – 2014. – Т. 28. – № 4. – С. 22–30. [Ogorodnikova EA, Otyabrskiy VP, Pak SP, et al. Assistance software units for subjects with impaired hearing and non-native speakers of Russian education. *Sensornye sistemy*. 2014;28(4):22-30. (In Russ.)]
 20. Савельев С.В. Морфология сознания. Т. 1. – М.: ВЕДИ, 2018. – 208 с. [Savel'ev SV. Morfologiya soznaniya. Vol. 1. Moscow: VEDI; 2018. 208 p. (In Russ.)]
 21. Хромов-Борисов Н.Н. Биостатистические программы свободного доступа // Травматология и ортопедия России. – 2015. – № 4. – С. 154–159. [Khromov-Borisov NN. Free biostatistical software. *Travmatologiya i ortopediya Rossii*. 2015;(4):154-159. (In Russ.)]
 22. Шлык Н.И. Сердечный ритм и тип регуляции у детей, подростков и спортсменов. – Ижевск: Удмуртский университет, 2009. – 255 с. [Shlyk NI. Serdechnyy ritm i tip regulyatsii u detey, podrostkov i sportsmenov. Izhevsk: Udmurtskiy universitet; 2009. 255 p. (In Russ.)]
 23. Bronkhorst AW. The cocktail-party problem revisited: early processing and selection of multi-talker speech. *Atten Percept Psychophys*. 2015;77(5):1465-1487. <https://doi.org/10.3758/s13414-015-0882-9>.
 24. Chang FC, Chang CK, Chiu CC, et al. Variations of HRV Analysis in Different Approaches. *Comput Cardiol*. 2007;34:17-20. <https://doi.org/10.1109/CIC.2007.4745410>.
 25. Efendi D, Caswini N, Rustina Y, Iskandar AD. Combination of mother therapeutic touch (MTT) and maternal voice stimulus (MVS) therapies stabilize sleep and physiological function in preterm infants receiving minor invasive procedures. *J Neonatal Nurs*. 2018;24(6):318-324. <https://doi.org/10.1016/j.jnn.2018.08.001>.
 26. Hammer O, Harper DT, Ryan PD. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontol Electronica*. 2001;4(1):9.
 27. Emotion and attention recognition based on biological signals and images. Ed. by S.A. Hosseini. In-Tech Publishing; 2017. <https://doi.org/10.5772/62957>.
 28. Kuang J, Liberman M. Integrating voice quality cues in the pitch perception of speech and non-speech utterances. *Front Psychol*. 2018;9:2147. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.02147>.
 29. Lu G, Yang F. Limitations of oximetry to measure heart rate variability measures. *Cardiovasc Eng*. 2009;9(3):119-125. <https://doi.org/10.1007/s10558-009-9082-3>.
 30. Majid A. Current emotion research in the language sciences. *Emot Rev*. 2012;4(4):432-443. <https://doi.org/10.1177/1754073912445827>.

◆ Информация об авторах

Валерий Олегович Еркудов – канд. мед. наук, старший преподаватель кафедры нормальной физиологии. ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет» Минздрава России, Санкт-Петербург. E-mail: verkudov@gmail.ru.

◆ Information about the authors

Valeriy O. Erkudov – MD, PhD, Senior Lecturer, Department of the Normal Physiology. St. Petersburg State Pediatric Medical University, Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Saint Petersburg, Russia. E-mail: verkudov@gmail.ru.

◆ Информация об авторах

Елена Александровна Огородникова – канд. биол. наук, заведующая лабораторией психофизиологии речи. ФГБУН «Институт физиологии им. И.П. Павлова» Российской академии наук, Санкт-Петербург. E-mail: elena-ogo@mail.ru.

Андрей Петрович Пуговкин – д-р биол. наук, старший научный сотрудник, профессор кафедры нормальной физиологии. ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет» Минздрава России, Санкт-Петербург. E-mail: apugovkin@mail.ru.

Иван Васильевич Сергеев – научный сотрудник лаборатории физиологии сердечно-сосудистой и лимфатической систем. ФГБУН «Институт физиологии им. И.П. Павлова» Российской академии наук, Санкт-Петербург. E-mail: ivserg@inbox.ru.

Татьяна Николаевна Сляпцова – учитель биологии, заместитель директора по развитию естественно-научного направления обучения. ГБОУ «Средняя образовательная школа № 225 Адмиралтейского района Санкт-Петербурга, Санкт-Петербург, Санкт-Петербург. E-mail: tanjasl@mail.ru.

Евгения Олеговна Кундрат – студентка, 3-й курс. ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет» Минздрава России, Санкт-Петербург. E-mail: zhenia.kun@gmail.com.

Полина Алексеевна Лупанова – студентка, 3-й курс. ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет» Минздрава России, Санкт-Петербург. E-mail: inspace7@list.ru.

Мария Александровна Пахомова – старший научный сотрудник, Научно-исследовательский центр. ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет» Минздрава России, Санкт-Петербург. E-mail: mariya.pahomova@mail.ru.

Мария Дмитриевна Денисенко – доцент кафедры патологической физиологии. ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова» Минздрава России, Санкт-Петербург. E-mail: maryadenisenko@yandex.ru.

Алексей Львович Балашов – канд. мед. наук, доцент кафедры поликлинической педиатрии. ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет» Минздрава России, Санкт-Петербург. E-mail: balashoval7@yandex.ru.

◆ Information about the authors

Elena A. Ogorodnikova – PhD, Head of Speech Psychophysiology Laboratory. I.P. Pavlov Institute of Physiology, Saint Petersburg, Russia. E-mail: elena-ogo@mail.ru.

Andrey P. Pugovkin – PhD, Dr Biol Sci, Full Professor, Department of Normal Physiology. St. Petersburg State Pediatric Medical University, Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Saint Petersburg, Russia. E-mail: apugovkin@mail.ru.

Ivan V. Sergeev – Researcher of Physiology Laboratory of Cardiovascular and Lymphatic systems. I.P. Pavlov Institute of Physiology, Saint Petersburg, Russia. E-mail: ivserg@inbox.ru.

Tatiana N. Slyaptsova – Teacher of Biology, Vice-director. Secondary School No. 225 of Admiralteysky District of St. Petersburg, Saint Petersburg, Russia. E-mail: tanjasl@mail.ru.

Eugenia O. Kundrat – Student, 3rd year. St. Petersburg State Pediatric Medical University, Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Saint Petersburg, Russia. E-mail: zhenia.kun@gmail.com.

Paulina A. Lupanova – Student, 3rd year. St. Petersburg State Pediatric Medical University, Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Saint Petersburg, Russia. E-mail: inspace7@list.ru.

Maria A. Pakhomova – MD, Senior Researcher, Research Center. St. Petersburg State Pediatric Medical University, Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Saint Petersburg, Russia. E-mail: mariya.pahomova@mail.ru.

Marya D Denisenko – MD, PhD, Associate Professor, Department of Pathological Physiology. North-western State Medical University named after I.I. Mechnikov, Ministry of Health of the Russian Federation, Saint Petersburg, Russia. E-mail: maryadenisenko@yandex.ru.

Aleksey L. Balashov – MD, PhD, associate Professor of the Department of Polyclinic Pediatrics. St. Petersburg State Pediatric Medical University, Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Saint Petersburg, Russia. E-mail: balashoval7@yandex.ru.