

УДК 57.033+57.054

ВАРИАБЕЛЬНОСТЬ РЕЧЕВОГО ДЫХАНИЯ И СЕРДЕЧНОГО РИТМА АРАБОГОВОРЯЩИХ СТУДЕНТОВ ПРИ ПОЛЬЗОВАНИИ РУССКИМ ЯЗЫКОМ

К. М. ЛЮЗИНА¹⁾, Н. АЛЬ-ТАВИЛ¹⁾, А. Г. ЧУМАК¹⁾

¹⁾Белорусский государственный университет, пр. Независимости, 4, 220030, г. Минск, Беларусь

С помощью компьютерных методов исследования проведен анализ динамики изменений речевого дыхания и variability сердечного ритма, который выявил закономерности активации автономной нервной системы у студентов с родным арабским языком при освоении университетского курса на русском языке. Обследованы шесть практически здоровых человек, граждан Ливии (четверо мужчин и две женщины), в возрасте от 23 до 32 лет. Установлено, что манифестация речевого дыхания у студентов, для которых родным языком является арабский, различается при разговоре на русском и арабском языках. Паттерны дыхания не соответствуют друг другу, хотя основные параметры внешнего дыхания отличаются в меньшей степени на фоне сохранения насыщения периферической крови кислородом на уровне нормы. Определено, что variability сердечного ритма резко возрастает при чтении или произнесении фраз на русском языке, т. е. она гораздо больше, чем при разговоре на арабском языке. Проанализированные показатели variability сердечного ритма свидетельствуют о напряжении механизмов вегетативного сопровождения речевой функции при изучении нового языка.

Ключевые слова: паттерны дыхания; variability сердечного ритма; изучение иностранного языка.

BREATHING AND HEART RATE OF ARAB-SPEAKING STUDENTS USING THE RUSSIAN LANGUAGE

K. M. LIUZINA^a, N. AL-TAWIL^a, A. G. CHUMAK^a

^aBelarusian State University, 4 Niezaliežnasci Avenue, Minsk 220030, Belarus

Corresponding author: K. M. Liuzina (liuzina@bsu.by)

The analysis of the dynamics of changes in speech breathing and heart rate variability, conducted using computer-based methods of investigation, revealed the patterns of activation of the autonomic nervous system in students with native Arabic when mastering a university course in Russian. Six healthy people, citizens of Libya (4 men and 2 women), aged 23 to 32 years were examined. Only certified instruments available at the Department of Human and Animal Physiology: spirometer MAC-1, manufactured by Unitechprom (Belarus), Neurosoft-psychotest, multifunctional computer complex Neuron-Spectrum, manufactured by Neurosoft, Russia were used. The manifestation of speech breathing in

Образец цитирования:

Люзина К. М., Аль-Тавил Н., Чумак А. Г. Вариабельность речевого дыхания и сердечного ритма арабговорящих студентов при пользовании русским языком // Журн. Белорус. гос. ун-та. Биология. 2018. № 1. С. 20–30.

For citation:

Liuzina K. M., Al-Tawil N., Chumak A. G. Breathing and heart rate of Arab-speaking students using the Russian language. *J. Belarus. State Univ. Biol.* 2018. No. 1. P. 20–30 (in Russ.).

Авторы:

Ксения Михайловна Люзина – кандидат биологических наук, доцент; доцент кафедры физиологии человека и животных биологического факультета.

Ноха Аль-Тавил – магистр биологических наук.

Анатолий Георгиевич Чумак – доктор биологических наук, профессор; заведующий кафедрой физиологии человека и животных биологического факультета.

Authors:

Kseniya M. Liuzina, PhD (biology), docent; associate professor at the department of human and animal physiology, faculty of biology.

liuzina@bsu.by

Noha Al-Tawil, master of biological sciences.

Anatoly G. Chumak, doctor of science (biology), full professor; head of the department of human and animal physiology, faculty of biology.

chumaka@bsu.by

students who have a native Arabic language is different when speaking in Russian and Arabic. The patterns of respiration do not correspond to each other, although the main parameters of external respiration differ to a lesser extent with preservation of saturation of peripheral blood of oxygen at normal level. The variability of the heart rhythm increases dramatically when reading or pronouncing phrases in Russian, then when speaking in Arabic. The analyzed parameters of heart rate variability confirm the tension of the mechanisms of vegetative accompaniment of the speech function when learning a new language for yourself.

Key words: patterns of breathing; heart rate variability; studying of foreign language.

Введение

Разговор как физиологическое явление включает зависимые от воли, но неосознаваемые компоненты – фонацию, артикуляцию и речевое дыхание. Столь комплексный аспект поведения организма человека не может не затрагивать [1] и более обширные реакции, не явные на первый взгляд. Фонация, артикуляция и речевое дыхание требуют соответствующего вегетативного сопровождения. Дыхание есть процесс, вовлекающий прежде всего висцеральные органы и системы. При этом активируются симпатические и парасимпатические механизмы для обеспечения соответствия кровотока и насыщения крови кислородом в легких. Это тем более присуще речевому дыханию, паттерн которого включает постоянный переход от «молчаливого» физиологического типа к «разговорному». Имеются публикации, в которых характеризуются этнические особенности влияния фонационной нагрузки на показатели частоты сердечных сокращений и дыхания [2]. Но эти работы опубликованы фрагментарно и не дают полной картины перестройки систем производства речи при изучении, например, иностранного языка. Распространенная в современной высшей школе академическая мобильность требует свободного владения языком обучения. Не всегда язык обучения и язык мышления у студентов близки. Примером этому может служить освоение бакалаврской или магистерской программы на русском или английском языке арабоязычными слушателями. Арабский язык по фонетике, графике письма и иным показателям коренным образом отличается от русского, на котором приходится обучаться и общаться студентам и аспирантам в БГУ. Следовательно, освоение русского языка как иностранного требует от обучаемых напряжения многих функциональных систем. Проблему интенсивного изучения русского языка как иностранного решали прежде всего лингвисты, поскольку в физиологии отсутствовали приборные средства для анализа систем реагирования организма на интенсивные ментальные нагрузки, такие как освоение предметов на иностранном – русском – языке. Современные нейрофизиологические аппаратно-программные комплексы позволяют приблизиться к пониманию тех перестроек в регуляции функций, которые происходят при разговоре на иностранном языке.

Актуальность темы настоящей работы определяется высокой потребностью в сведениях о путях адаптации иностранных студентов и аспирантов к учебному процессу и неизученностью конкретных вегетативных проявлений регуляции процессов жизнедеятельности при обучении арабоязычных студентов и аспирантов в русскоязычных вузах. Имеются работы, доказывающие трудность адаптации молодых людей с родным арабским языком к обучению на русском языке (например, из-за противоположности графики письма и только частичного совпадения гласных звуков речи). На начальном этапе учебы студенты магистратуры обладают недостаточными языковыми навыками, поэтому в данном случае их обучение можно рассматривать как своеобразный стресс, требующий напряжения функциональных систем организма.

Традиционно для исследования таких процессов применяют современные методы анализа вариабельности сердечного ритма, устойчивости механизмов контроля артериального давления, вегетативного обеспечения моторных навыков. Однако по конкретной теме исследования сведений в литературе крайне мало.

Данные публикаций, характеризующих применение метода спирографии [3], свидетельствуют о том, что основные показатели внешнего дыхания у человека не являются неизменными и зависят от конкретных потребностей организма в данное время. Дыхательный объем постоянно используется при формировании речевого акта, но реально в фонацию вовлекается и резервный объем вдоха и выдоха, т. е. вся жизненная емкость легких.

Как указывается в руководствах [4], дыхание при речи, или так называемое речевое дыхание, по сравнению с обычным спокойным дыханием имеет существенные отличия, обусловленные особыми изменениями паттерна дыхания. Вибрация голосовых связок происходит в экспираторную фазу. Для слитного выговора целых смысловых фраз, своеобразных квантов речевой информации, используется удлиненный выдох. Вдох же, напротив, должен быть коротким. В соответствии с этим доля вдоха в обычной периодике дыхания короче выдоха в 5–8 раз. Наблюдается и брадипноэ. Вместо 16–20 дыхательных циклов за 1 мин во время разговора число дыхательных движений составляет 8–10 за 1 мин [5].

Изменения указанных показателей при разговоре одним и тем же субъектом на разных языках не проанализированы в литературе. Вместе с тем они могут характеризовать не только физиологические особенности дыхательной системы данного человека, но и его подготовленность к практическому использованию иностранного языка.

Цель настоящей работы – установить особенности внешнего дыхания и вариабельности сердечного ритма у арабговорящих студентов при использовании русского и арабского языков.

Методы исследований

Были обследованы шесть практически здоровых добровольцев, граждан Ливии, проживающих в Беларуси (четверо мужчин и две женщины), в возрасте от 23 до 32 лет, обучающихся в БГУ по программам магистерской подготовки. Обследование проводилось на кафедре физиологии человека и животных биологического факультета БГУ в дневное время, при комнатной температуре, с соблюдением инструкций и методических рекомендаций, имеющихся в документации к применявшимся приборным комплексам. Объем выборки привлеченных для анализа лиц соответствует принятому в литературе при изучении функций мозга у человека [6].

В работе использовались сертифицированные приборы, имеющиеся на кафедре физиологии человека и животных БГУ: спирометр МАС-1 («Унитехпром», Беларусь), Нейрософт-психотест («Нейрософт», Россия). В качестве адекватного функционального теста проводилась оценка состояния кардиореспираторной системы в покое (молчание с открытыми глазами), во время чтения арабского и русского текстов вслух и про себя. Добровольцы при тестах находились в пяти функциональных состояниях: молчание; чтение арабского текста вслух; чтение русского текста вслух; чтение арабского текста про себя; чтение русского текста про себя.

Во время записи показателей вариабельности сердечного ритма (ВСР) каждый этап занимал 5 мин. Регистрация показателей внешнего дыхания осуществлялась с помощью спирометра МАС-1. Во время регистрации сатурации крови кислородом (пульсоксиметрия) длительность этапов измерения составляла 1–2 мин. Количество проб – не менее 10 для каждого испытания и измерения. Программное обеспечение пульсоксиметра позволяет прибору выделять пульсовый объем крови (так называемый артериальный компонент).

Регистрацию электрокардиограммы (ЭКГ) для определения показателей ВСР осуществляли с использованием программы «НС-Психотест.NET», записывали активность сердца во втором стандартном отведении. Исследование проводили в первой половине дня (до 12 ч), в тишине, без наличия яркого освещения, не ранее чем через 1 ч после приема пищи. Испытуемым предварительно не предъявлялись физические или психоэмоциональные нагрузки. Запись ЭКГ проводили в положении полусидя. При анализе ВСР на коротком (5–10 мин) участке записи ритмограммы использовали следующие характеристики: частоту сердечных сокращений (ЧСС) (уд./мин); RRNN (мс); SDNN (мс); RMSSD (мс); pNN50 % [7–8]. Выявлены также показатели кардиоинтервалографии по Р. М. Баевскому [7]: индекс вегетативного равновесия (ИВР) – соотношение между активностью симпатического и парасимпатического отделов вегетативной нервной системы (ВНС). При преобладании активности парасимпатической нервной системы (ПНС) ИВР уменьшается, при активации симпатической нервной системы (СНС) – увеличивается, вегетативный показатель ритма (ВПР) отражает вегетативный баланс с точки зрения оценки активности автономного контура регуляции. Чем меньше ВПР, тем выше эта активность и тем в большей мере вегетативный баланс смещен в сторону преобладания ПНС.

Статистическая обработка результатов

Полученные данные статистически обрабатывали с помощью программного комплекса *Microsoft Excel*. Использован пакет статистических программ *StatPlus*. Результаты представлены как среднее значение плюс-минус стандартные отклонения. Для выявления достоверности различий между группами использовали *t*-критерий Стьюдента (различия считали достоверными при $p < 0,05$), критерий Манна – Уитни.

Результаты исследований и их обсуждение

Речевое дыхание при воспроизведении текстов на русском и арабском языках. На первом этапе исследований добровольцам предлагалось проговаривать идентичный по смыслу текст на русском и арабском языках при регистрации функций внешнего дыхания с помощью аппарата МАС-1.

Как и ожидалось, было обнаружено коренное отличие паттернов дыхания в указанных случаях. Установлено, что при чтении вслух показатели внешнего дыхания изменялись (рис. 1).

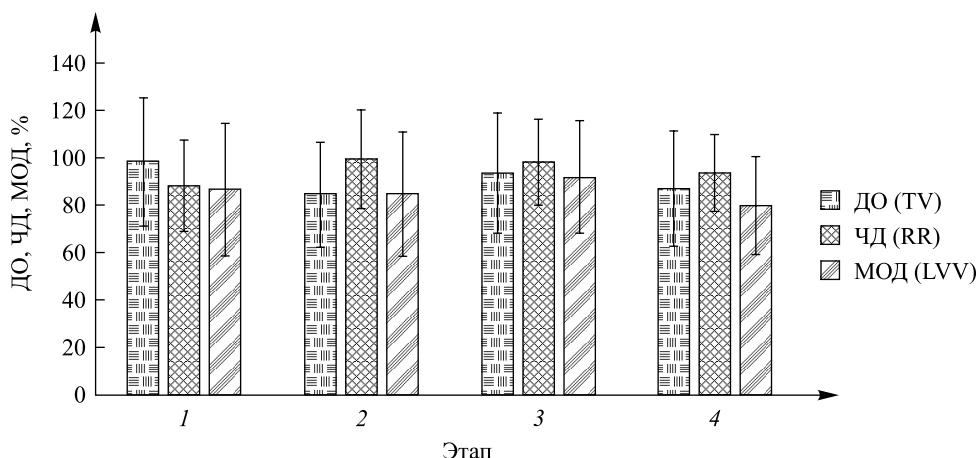


Рис. 1. Относительные изменения показателей внешнего дыхания во время чтения текстов по этапам: 1 – чтение арабского текста вслух; 2 – чтение русского текста вслух; 3 – чтение арабского текста про себя; 4 – чтение русского текста про себя. За 100 % для каждого испытуемого приняты показатели, зарегистрированные во время спокойного дыхания. ДО – дыхательный объем; ЧД – частота дыхания; МОД – минутный объем дыхания

Fig. 1. Relative changes in the parameters of external respiration while reading texts. On the abscissa – stages: 1 – reading the Arabic text out loud; 2 – reading the Russian text out loud; 3 – reading the Arabic text about yourself; 4 – reading the Russian text about yourself. For 100 % for each volunteer, the indicators recorded during quiet breathing were taken. TV – tidal volume; RR – respiratory rate; LVV – low voluntary ventilation

Если проанализировать полученные данные по внешнему дыханию при выполнении функциональных проб с чтением на разных языках, можно обнаружить, что при чтении вслух арабского и русского текстов, а также при чтении арабского текста про себя МОД как увеличивался, так и уменьшался у разных испытуемых. Чтение русского текста про себя приводило к снижению МОД во всех зарегистрированных случаях. Рост МОД при чтении вслух происходил по «неэкономному» пути – за счет роста ЧД и снижения ДО. У одного из испытуемых при чтении арабского текста вслух и у двух других при чтении арабского текста про себя МОД вырос за счет увеличения и ДО, и ЧД. В некоторых случаях при чтении русского текста и вслух, и про себя и арабского текста про себя происходило снижение МОД на фоне увеличения ЧД. Однако по показателю пульсоксиметрии сатурация периферической артериальной крови кислородом оставалась на уровне нормы. Данные свидетельствуют об отсутствии общих единообразных изменений функций внешнего дыхания у испытуемых на фоне индивидуальных резких модификаций разных показателей у каждого из них. Усредненные показатели приведены в табл. 1. Видно, что ДО ниже при чтении русского текста (и вслух, и про себя). Во время чтения на родном языке ЧД не отличается от ЧД при спокойном дыхании, однако при чтении на изучаемом языке ЧД снижается. Применение критерия Манна – Уитни позволило обнаружить, что при сравнении МОД при спокойном дыхании и чтении русского текста про себя различия в уровнях выборок существенны.

Таблица 1

Показатели внешнего дыхания у добровольцев

Table 1

Indices of external respiration in volunteers

Показатели внешнего дыхания	Функциональное состояние				
	Спокойное	Вслух арабский текст	Вслух русский текст	Про себя арабский текст	Про себя русский текст
ДО, л	0,63 ± 0,30	0,56 ± 0,16	0,47 ± 0,09	0,55 ± 0,21	0,49 ± 0,12
ЧД, 1/мин*	16,57 ± 4,58	14,25 ± 3,72	16,08 ± 3,55	16,58 ± 6,30	15,42 ± 4,46
МОД, л/мин	9,81 ± 3,66	7,52 ± 1,19	7,45 ± 1,58	8,19 ± 1,82	7,12 ± 1,51

*1/мин – одно дыхательное движение в минуту.

Обнаруженная вариативность показателей внешнего дыхания разных лиц при выполнении идентичного речевого задания потребовала поиска интегральной оценки для сопоставления реакции дыхательной системы на предъявленную задачу.

Существующие межсистемные взаимосвязи между сердечно-сосудистой и дыхательной системами математически принято рассчитывать с помощью коэффициента Хильдебрандта, определяемого как отношение числа сердечных сокращений к частоте дыхания. Обычно коэффициент, равный 2,8–4,9, свидетельствует о нормальных межсистемных соотношениях. Отклонение от этих показателей указывает на рассогласование в деятельности висцеральных систем [9]. В результате проведенных расчетов в наших обследованиях получилось, что в состоянии покоя, при молчании и речевом тестировании добровольцев коэффициент Хильдебрандта изменялся. У одного испытуемого указанный коэффициент при спокойном дыхании был ниже табличных значений и 83 % от нормы, указанной в [9], у остальных – выше, т. е. в среднем на уровне (132 ± 26) %. Для расчета статистических показателей по спокойному дыханию за 100 % приняли нормативное значение коэффициента Хильдебрандта. В функциональных пробах с чтением за 100 % приняли коэффициент Хильдебрандта, рассчитанный для каждого добровольца при спокойном дыхании.

Чтение вслух на любом из двух языков (т. е. реальная генерация речевого дыхания) приводило к неодинаковым по выраженности, но однотипным изменениям отношения частоты сердцебиений к частоте дыхания. Оно зависело прежде всего от специфики произнесения гласных звуков в используемых языках.

Коэффициент Хильдебрандта менялся и при чтении про себя, указывая на перестройку дыхания в случае фактического молчания. Механизмы генерации дыхательного и сердечного ритмов находились в напряжении, причем при пользовании родным языком индекс практически соответствовал спокойному дыханию, без разговорной нагрузки. Величины коэффициента Хильдебрандта при чтении вслух достоверно не различались. При чтении про себя на русском языке коэффициент Хильдебрандта существенно и достоверно повышался (от $4,18 \pm 0,67$ (в покое) до $5,51 \pm 0,69$, $p < 0,05$), не достигая, впрочем, уровня устной речи.

К сказанному следует добавить, что не только дыхательный объем, частота, но и паттерны дыхания у испытуемых различались при пользовании разными языками. Им было предложено вначале спокойно молча дышать, затем читать вслух на родном языке, после чего читать вслух по-русски.

Из бланка распечатанного стандартного протокола-отчета об обследовании видно (рис. 2, кривая «вентиляция»), что характер дыхания при чтении на двух языках студентом, недостаточно владеющим русским языком, вернее амплитуда и время вдоха и выдоха, был различным. Кривая «вентиляция» демонстрирует, что плавное и размеренное чередование вдохов и выдохов при чтении по-арабски сменяется «рваным» ритмом дыхания при чтении по-русски, т. е. видны остановки и задержки.

На фоне сохранения нормального насыщения периферической артериальной крови кислородом (кривая «пульсоксиметрия» – SpO_2 – составила 98 %, что соответствует норме) резко меняются частота сердечных сокращений и индекс наполнения пульса (ИНП), что может свидетельствовать об активации симпатической нервной системы.

В протоколах наблюдений всей серии анализов дыхания пяти других добровольцев при применении указанных тестов зафиксированы результаты, совпадающие с описанным выше.

Функциональный характер рассмотренных паттернов и возможность улучшения показателей внешнего дыхания по мере овладения языком обучения косвенно могут быть проиллюстрированы результатом тестирования студента, в совершенстве владеющего русским языком. На рис. 4 трудно отличить периоды чтения по-русски (этап 2) и по-арабски (этап 3) по показателям внешнего дыхания, поскольку отсутствует значительная вариативность частоты сердечных сокращений и частоты пульса. Рисунок речевого дыхания отличается от спокойного дыхания при молчании, но динамика дыхания при произнесении текста по-арабски и по-русски фактически совпадает.

Таким образом, в результате исследования установлена манифестация разного паттерна дыхания и частоты сердечного ритма при чтении одинаковых по смыслу текстов на русском и арабском языках у студентов, еще только овладевающих русским языком как языком обучения. Более тонкие изменения вегетативной регуляции сердца выявлены при анализе variability сердечного ритма.

Особенности регуляции сердечного ритма у испытуемых при чтении на русском и арабском языках. К наиболее важным «маркерам» активности автономной нервной системы у человека относят variability межимпульсных интервалов при регистрации ЭКГ. Максимальный разброс R–R-интервалов, известный как дыхательная синусовая аритмия [10], свидетельствует о повышении тонуса блуждающих нервов. По выраженности высокочастотных колебаний сердечного ритма судят о вагусных механизмах регуляции. С симпатическим сегментарным и надсегментарным, а также гуморальным влиянием на деятельность сердца связаны более медленные низкочастотные R–R-интервалы. Их относят к недыхательной синусовой аритмии.

ПУЛЬСОКСИМЕТРИЯ: 26янв2017

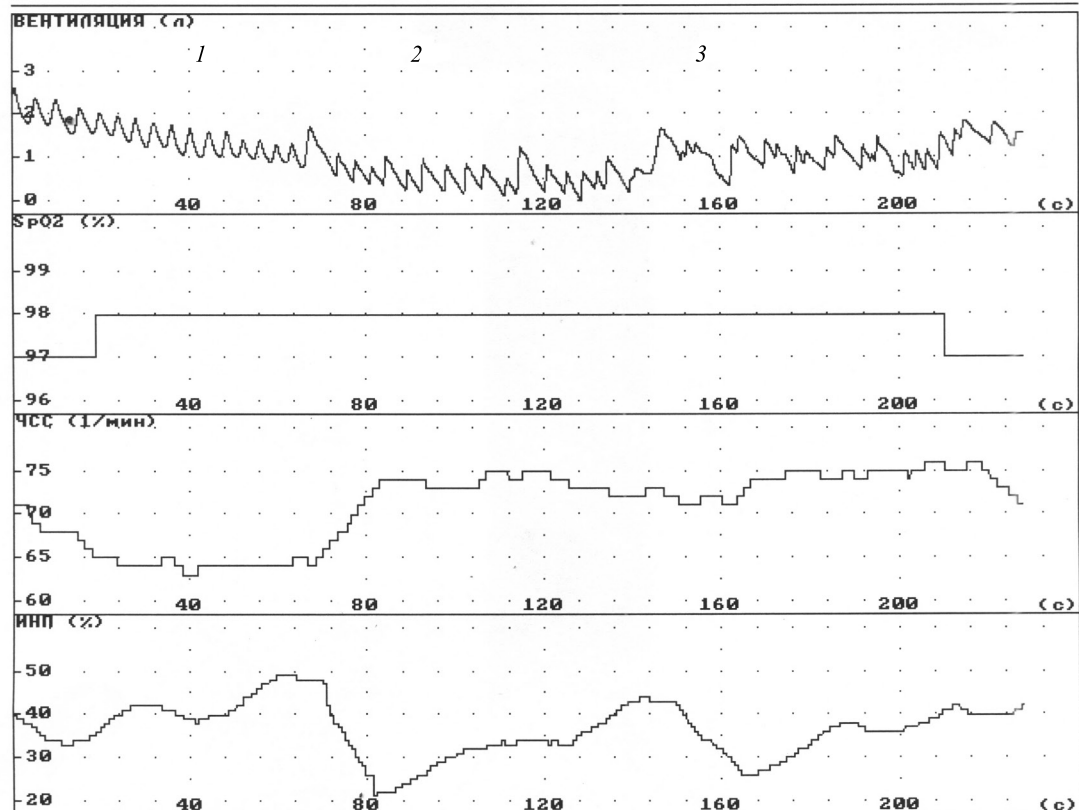
"БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ"

"МАС-1" зав.№ 11166 Дата поверки: 27май2015

Дата обследования пациента: 26янв2017, Начало: 14:23, Окончание: 14:27

А.Х.А. (М), 25лет, 171см, 59кг, ИМТ = 20, ИКЧ = 0

		Этап1 СПОКОЙНОЕ ДЫХАНИЕ	Этап2	32-31	Этап3	33-31
DO	л	0.59	0.63	0.47		
ЧД	1/мин	14	14	17		
МОД	л/мин	8.33	8.91	8.08		
SpO2ср	%	98	98	98	0	
SpO2min	%	97	98	97		
SpO2max	%	98	98	98		
ЧССср	1/мин	65	72	74	+9	
ЧССmin	1/мин	63	64	71		
ЧССmax	1/мин	71	75	76		
ИНПср	%	40	33	36	-4	
ИНПmin	%	33	21	26		
ИНПmax	%	49	48	44		
Длительность	с	66	76	86		



Пульсоксиметрия: SpO2 в норме (SpO2=98%)

Рис. 2. Фотография бланка результатов: паттерны дыхания при чтении по-арабски и по-русски испытуемым N. Этапы: 1 – спокойное дыхание при молчании (фон); 2 – чтение вслух по-арабски; 3 – чтение вслух по-русски. Равномерный «рисунок» характерен для арабского, вариативный – для русского прочтения

Fig. 2. Photo of the results form: patterns of breathing when reading in Arabic and in Russian subjects N. Stages: 1 – calm breathing with silence (background); 2 – reading aloud in Arabic; 3 – reading aloud in Russian. Uniform «drawing» for Arabic, variative – for Russian reading

В рассматриваемом случае у испытуемых при речевой нагрузке обнаружены значительные изменения R–R-интервалов и их распределение в зависимости от их длительности.

Если принять размах вариальности сердечного ритма (RMSSD) в состоянии покоя за 100 %, а затем определить воздействие на сердечный ритм разговорной нагрузки, то при чтении арабского текста вслух показатель RMSSD увеличился до $(122 \pm 9) \%$, при чтении русского текста вслух возрастал до $(117 \pm 18) \%$, при чтении про себя арабского текста в большинстве случаев снижался до $(85 \pm 7) \%$,

во время чтения русского текста про себя в половине случаев повышался до $(127 \pm 33) \%$, что совпадает с описанными выше изменениями коэффициента Хильдебрандта.

Наконец, в работе был рассчитан стресс-индекс (рис. 4, табл. 2) при предъявлении разговорных тестов. В соответствии с принятыми методическими условиями стресс-индекс отражает влияние центрального контура регуляции на работу сердца. Его повышение может свидетельствовать об увеличении тонуса симпатической нервной системы [11], что наблюдается в половине случаев чтения русского текста про себя.

Величина, на которую различаются кардиоинтервалы, называется вариационным размахом. Если по оси абсцисс отложить длительности кардиоинтервалов, а по оси ординат – количество повторений

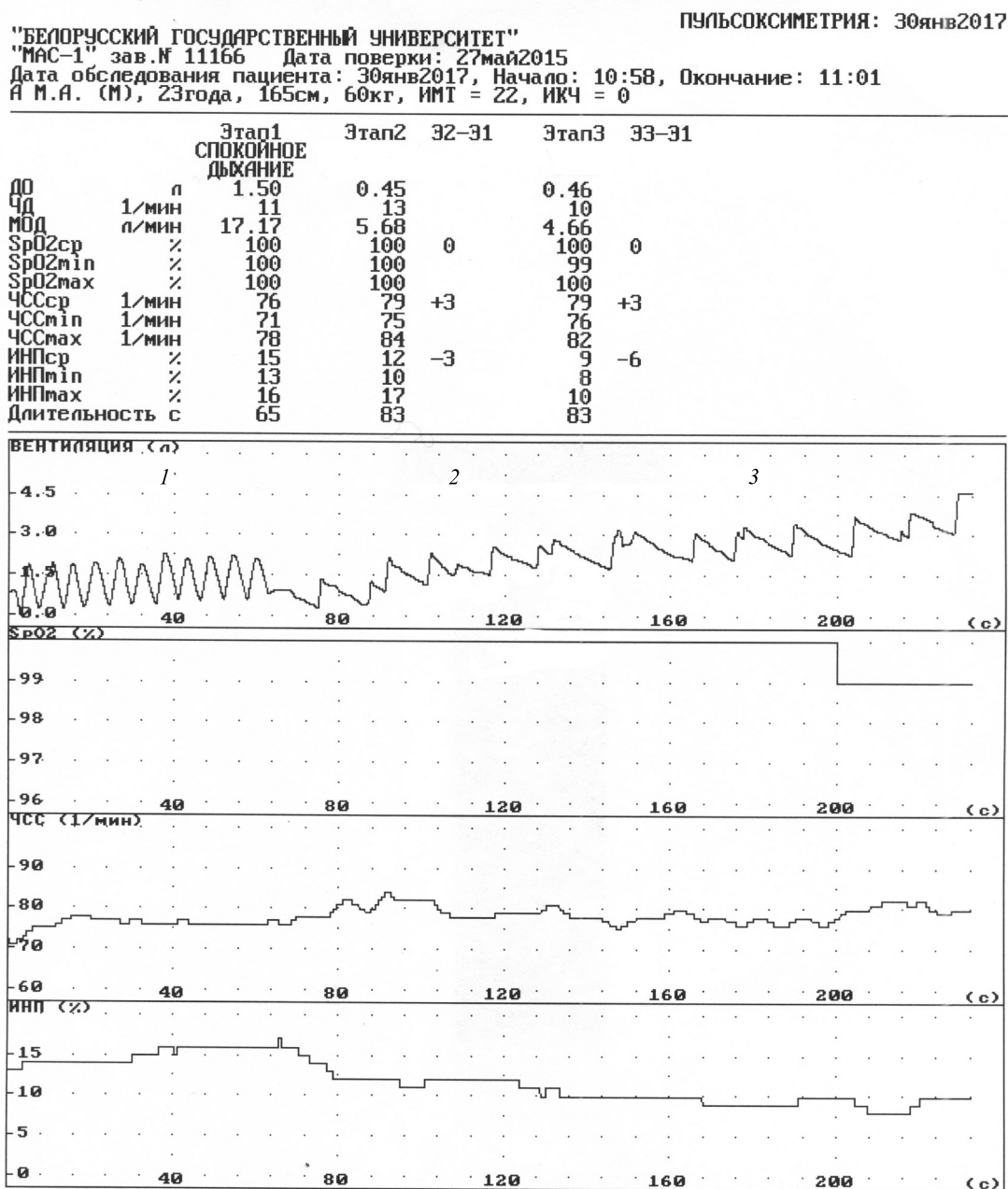


Рис. 3. Фотография бланка результатов: паттерны дыхания при чтении по-арабски и по-русски испытуемым М. Этапы: 1 – спокойное дыхание (фон); 2 – чтение вслух по-арабски; 3 – чтение вслух по-русски

Fig. 3. Photo of the results form: patterns of breathing when reading in Arabic and in Russian subjects M. Stages: 1 – calm breathing (background); 2 – reading aloud in Arabic; 3 – reading aloud in Russian

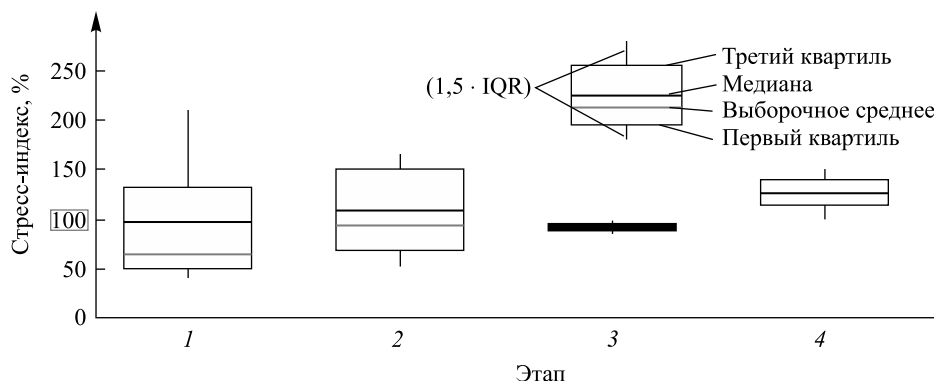


Рис. 4. Изменения стресс-индекса при чтении по-арабски и по-русски.
Этапы: 1 – чтение вслух по-арабски; 2 – чтение вслух по-русски;
3 – чтение про себя по-арабски; 4 – чтение про себя по-русски;
100 % – значение стресс-индекса в состоянии покоя; IQR – межквартильный диапазон
Fig. 4. Changes in the stress index when reading in Arabic and Russian.
Stages: 1 – reading aloud in Arabic; 2 – reading aloud in Russian;
3 – reading about yourself in Arabic; 4 – reading about yourself in Russian;
100 % is the value of the stress index at rest; IQR is the interquartile range

кардиоинтервала с этой длительностью (предварительно округлив длительности кардиоинтервалов до 50 Мс), получим график, который называется гистограммой. Основание гистограммы будет отражать вариационный размах, проекция вершины гистограммы на основание – моду (наиболее часто встречающуюся длительность кардиоинтервала), а вершина гистограммы – амплитуду моды. Диагностически значимы все эти показатели, и они учтены в стресс-индексе (индексе напряжения), который показывает степень вовлеченности организма в стресс. Индекс напряжения был введен Р. М. Баевским и вычисляется по формуле

$$\text{Ин} = \text{АМо} / (2 \cdot \text{Мо} \cdot \text{МхДМн}),$$

где АМо – амплитуда моды, %; Мо – мода, с; МхДМн – вариационный размах, мс.

Таблица 2

Изменения стресс-индекса

Table 2

Changes in the stress index

Испытуемый	Функциональное состояние (покой или чтение)				
	Молчание, %	Вслух арабский текст, %	Вслух русский текст, %	Про себя арабский текст, %	Про себя русский текст, %
Владеет русским	100	59 ± 18	71 ± 21	86 ± 13	81 ± 15
Недостаточно хорошо говорит по-русски	100	47 ± 20	108 ± 6	74 ± 19	137 ± 9

Динамика изменения ИВР и ВПР представлена на рис. 5. Эти показатели отражают активность отделов автономной нервной системы.

Таким образом, интервалометрия и компьютерный анализ рассеяния показателей вариации сердечного ритма позволили определить, что чтение на родном, арабском языке и русском как языке обучения вызывает разные паттерны активации симпатической и парасимпатической нервной системы. Чтение на русском языке представляет собой задачу, требующую напряжения вегетативных механизмов регуляции сердечного ритма, и, следовательно, указывает на необходимость перестройки кровообращения.

Фактическое совпадение результатов измерения состояния паттернов дыхания и вариации кардиоинтервалов при чтении на двух языках может дополнительно свидетельствовать о том, что оба процесса у активно обучающегося человека регулируются из общего центра.

В генерацию речи вовлечены многие структуры центральной нервной системы, а не только классическая область П. Брока. В современных источниках довольно подробно охарактеризованы центральные механизмы формирования речевого дыхания. Так, в [12] указано, что вокализации генерируются

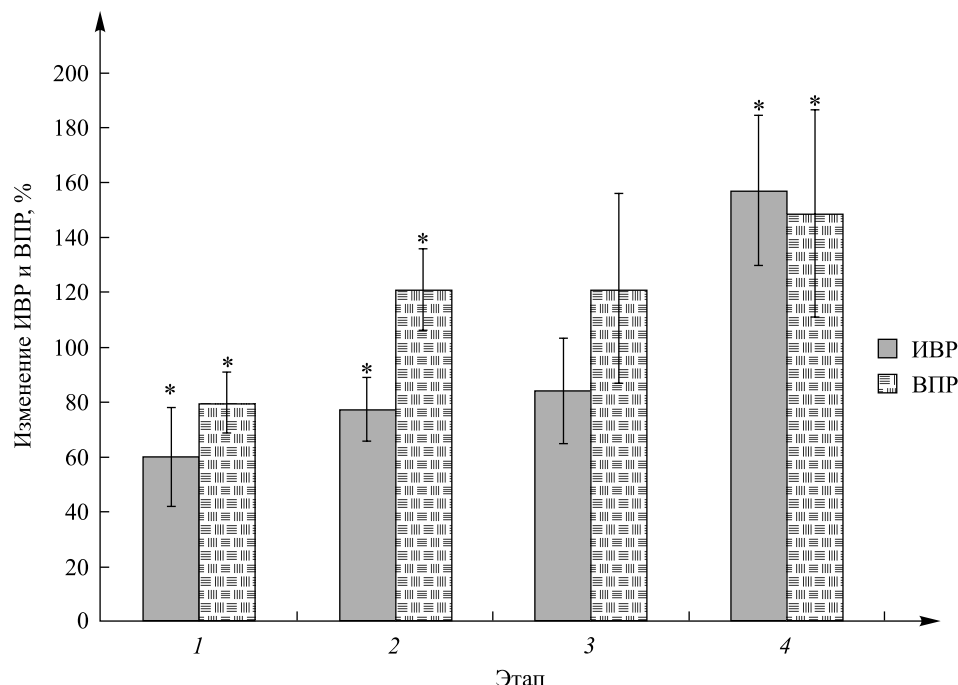


Рис. 5. Динамика изменения ИВР и ВПР. Этапы: 1 – чтение вслух арабского текста; 2 – чтение вслух русского текста; 3 – чтение про себя арабского текста; 4 – чтение про себя русского текста. * Результаты статистически значимы, $p < 0,05$

Fig. 5. Dynamics of changes in the index of vegetative equilibrium and the vegetative index of rhythm.
Stages: 1 – reading the text aloud Arabic; 2 – reading the text aloud Russian;
3 – reading the text about himself Arabic; 4 – reading the text about himself Russian.
* The results are statistically significant, $p < 0.05$

эмоциональной двигательной системой, в которой центральная роль принадлежит околотоводопроводному серому веществу, связанному с поясной извилиной, островковой корой и орбитофронтальной областью коры. В свою очередь, околотоводопроводное серое вещество имеет обширные связи с каудальнее расположенными медуллярными ядрами, среди которых упоминаются *N. ambiguus* и соседствующее с ним *N. retroambiguus* и совокупность ядер, известная как комплекс Böttinger, задающий ритмику вдоха и выдоха. Это общий выход дыхательной и вокализационной систем к мотонейронам, участвующим в контроле артикуляционных и дыхательных мышц, т. е. к группам клеток, иннервирующих мягкое нёбо, глотку и гортань, а также диафрагму, межреберные, брюшные и тазовые мышцы. Вместе они определяют внутрибрюшное, внутригрудное и субглоточное давление, контроль над которым необходим для генерирования звуков. У людей этот комплекс ядер контролируется моторной корой, которая имеет прямой доступ к мотонейронам, иннервирующим мышцы лица, рта, языка, гортани и глотки [5]. Наряду с указанным эти нейроны являются кардиоингибирующими. Отрицательные кардиотропные эффекты направлены на регуляцию ЧСС при быстрых изменениях кровяного давления. В сочетании с реципрокными эффектами симпатической нервной системы эти нейроны обуславливают кардиогенный вагусный тонус. В составе рассматриваемого ядра обнаружены и клетки, направляющие бронхоконстрикторные волокна в бронхолегочную систему, которая может вызывать рефлекторное снижение легочного бронхиального потока воздуха. Таким образом, современное понимание механизмов ритмогенеза и генеза паттернов дыхания анатомически ассоциировано со стволовыми структурами мозга, как это описывали и в классических руководствах [13]. Физиологическая значимость этой системы плохо изучена, но в литературе имеются указания на ее значительный вклад в формирование речевого дыхания.

В последние годы обобщены сведения о том, что ментальные усилия сопровождаются откликом в регуляции сердечного и дыхательного ритмов [14]. Указывается, что обучение языку, выполнение домашней работы школьниками или решение другой когнитивной задачи могут повлиять на дыхание. Однако сведений об этих изменениях дыхания недостаточно. Постулировано, что дыхание заметно меняется при высокой степени умственной нагрузки, благоприятствуя оксигенации крови. Для оценки действия умственной нагрузки на дыхание исследователи обычно применяют когнитивные задачи [15]. Они включают в себя несколько аспектов когнитивной обработки, таких как восприятие, контролируемое внимание, рассуждение, память, решение проблем, принятие решений и тормозной контроль, а также контроль речевой

и двигательной активности, поскольку необходимо представление отчета. В литературе отмечено, что существующие обзоры физиологических данных о когнитивной нагрузке и дыхании в основном посвящены реакциям сердечно-сосудистой системы, кожно-гальванической реакции, но сравнительно меньше исследовались вариации дыхания при умственной деятельности, такой как речь. Дыхание – самый большой «водитель ритма» в организме, который участвует в регулировании процессов гомеостаза [14]. Поэтому все процессы дыхания контролируются автономной нервной системой.

Меньше внимания уделено в литературе вопросам, относящимся к характеристике вегетативных процессов организма при решении ментальных задач, таких как формирование и распознавание речи. Еще меньше внимания уделено этим процессам у студентов при изучении иностранных языков или пользовании иностранными языками при освоении программы обучения в университетах. К сожалению, использование иностранного языка для обучения часто происходит параллельно с его изучением, что формирует у участников образовательного процесса устойчивое «стрессующее» состояние, вовлекающее в организацию ментальных, когнитивных процессов ВНС. Это участие ВНС осуществляется в соответствии с принципами, которые еще в 1960-х гг. обосновал классик советской физиологии И. А. Булыгин. Среди них есть представление о том, что всякая интероцептивная реакция организма обязательно включает вегетативный и анимальный компоненты, а структура рефлекса, в том числе экстероцептивного, также включает вегетативный компонент, что очень хорошо теоретически согласуется с теми изменениями, которые могут встречаться при освоении предметов биологического или иного естественно-научного профиля на до конца не освоенном иностранном (в нашем случае – русском) языке.

Заключение

Манифестация речевого дыхания у студентов, у которых родным языком является арабский, отличается при разговоре на русском и арабском языках. Паттерны дыхания не соответствуют друг другу, хотя основные параметры внешнего дыхания отличаются в меньшей степени на фоне сохранения насыщения периферической крови кислородом на уровне нормы.

Вариабельность сердечного ритма возрастает при чтении или произнесении фраз на русском языке в большей степени, чем при разговоре на арабском языке. Проанализированные показатели вариабельности сердечного ритма свидетельствуют о напряжении механизмов вегетативного сопровождения речевой функции при изучении и практическом использовании нового для себя языка.

Библиографические ссылки

1. Булыгин И. А. Аfferентное звено интероцептивных рефлексов. Минск : Наука и техника, 1971.
2. Агаджанян Н. А., Смирнова А. И. Этнические особенности влияния фонационной нагрузки на показатели функционирования кардиореспираторной системы // Экология человека. 2004. № 5. С. 11–15.
3. Бреслав И. С. Физиология дыхания. СПб. : Питер, 2014.
4. Бреслав И. С. Паттерны дыхания. СПб. : Питер, 2014.
5. Нейман Л. В., Богомилский М. Р. Анатомия, физиология и патология органов слуха и речи. М. : ВЛАДОС, 2001.
6. Heck Detlef H., McAfee Samuel S., Liu Yu, et al. Breathing as a Fundamental Rhythm of Brain Function // Front. Neural Circuits. 2016. Vol. 10. PMID: PMC5226946. DOI: 10.3389/fncir.2016.00115.
7. Бань А. С., Загородный Г. М. Возможные ошибки при проведении анализа вариабельности ритма сердца // Пробл. здоровья и экологии. 2010. № 3 (25). С. 119–123.
8. Алиева А. М., Копелев А. М., Касатова Т. Б. Оценка вариабельности сердечного ритма при артериальной гипертензии // Леч. дело. 2004. № 1. С. 53–55.
9. Вейн А. М. Вегетативные расстройства: Клиника, лечение, диагностика / под ред. А. М. Вейна. М. : Мед. информ. а-во, 2000.
10. Porges W. The Polyvagal Perspective // Biol. Psychol. 2007. Vol. 74, issue 2. P. 116–143.
11. Бабунц И. В., Агаджанян Э. М., Машаев Ю. А. Азбука анализа вариабельности сердечного ритма. Ставрополь : Принт-мастер, 2011.
12. Holstege G., Subramanian H. Two different motor systems are needed to generate human speech // J. Comp. Neurol. 2016. Vol. 524, issue 8. P. 1558–1577. DOI: 10.1002/cne.23898.
13. Кульчицкий В. А. Функции вентральных отделов продолговатого мозга. Минск : Наука и техника, 1993.
14. Grassmann M., Vlemingx E., von Leupoldt A., et al. Respiratory Changes in Response to Cognitive Load: A Systematic Review // Neural Plast. 2016. Vol. 2016. Article ID: 8146809. DOI: 10.1155/2016/8146809.
15. Baars B. J., Gage N. Cognition, brain, and consciousness: introduction to cognitive neuroscience. 2nd ed. Burlington : Elsevier Ltd., 2010.

References

1. Bulygin I. A. [Afferent link of interoceptive reflexes]. Minsk : Science and Technology, 1971 (in Russ.).
2. Agadzhanian N. A., Smirnova A. I. Ethnic features of fonation load impact on functioning indices of the cardioy vascular system. *Ekologiya chelov.* 2004. No. 5. P. 11–15 (in Russ.).
3. Breslav I. S. [The physiology of breathing]. Saint Petersburg : Piter, 2014 (in Russ.).

4. Breslav I. S. [Patterns of respiration]. Saint Petersburg : Piter, 2014 (in Russ.).
5. Neiman L. V., Bogomilsky M. R. [Anatomy, physiology and pathology of the organs of hearing and speech]. Moscow : VLA-DOS, 2001 (in Russ.).
6. Heck Detlef H., McAfee Samuel S., Liu Yu, et al. Breathing as a Fundamental Rhythm of Brain Function. *Front. Neural Circuits*. 2016. Vol. 10. PMCID: PMC5226946. DOI: 10.3389/fncir.2016.00115.
7. Ban A. S., Zagorodny G. M. Possible mistakes in the analysis of heart rate variability. *Probl. health ecology*. 2010. No. 3 (25). P. 119–123 (in Russ.).
8. Alieva A. M., Kopelev A. M., Kasatova T. B. [Assessment of heart rate variability in hypertension]. *Lechebnoe delo*. 2004. No. 1. P. 53–55 (in Russ.).
9. Wayne A. M. [Vegetative disorders: Clinic, treatment, diagnosis]. Moscow : Med. News Agency, 2000 (in Russ.).
10. Porges W. The Polyvagal Perspective. *Biol. Psychol.* 2007. Vol. 74, issue 2. P. 116–143.
11. Babunts I. V., Marajanyan E. M., Mashaheh Yu. A. [Azbuka analysis of heart rate variability]. Stavropol : Printmaster, 2011 (in Russ.).
12. Holstege G., Subramanian H. Two different motor systems are needed to generate human speech. *J. Comp. Neurol.* 2016. Vol. 524, issue 8. P. 1558–1577. DOI: 10.1002/cne.23898.
13. Kulchitsky V. A. [Functions of the ventral divisions of the medulla oblongata]. Minsk : Nauka i tekhnika, 1993 (in Russ.).
14. Grassmann M., Vlemingx E., von Leupoldt A., et al. Respiratory Changes in Response to Cognitive Load: A Systematic Review. *Neural Plast.* 2016. Vol. 2016. Article ID: 8146809. DOI: 10.1155/2016/8146809.
15. Baars B. J., Gage N. Cognition, brain, and consciousness: introduction to cognitive neuroscience. 2nd ed. Burlington : Elsevier Ltd., 2010.

Статья поступила в редколлегию 24.01.2018.
Received by editorial board 24.01.2018.