

ИЗМЕНЕНИЕ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ КАРДИОРЕСПИРАТОРНОЙ СИСТЕМЫ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ БЕЛОГО ШУМА

Димитриев Д. А.¹, Индейкина О. С.¹, Димитриев А. Д.²

¹ФГБОУ ВПО «Чувашский государственный педагогический университет им. И. Я. Яковлева», Чебоксары, Россия (428000, Чебоксары, ул. К. Маркса, 38), e-mail: indeykinaolga@mail.ru

² АНО ВПО «Чебоксарский кооперативный институт (филиал) Российского университета кооперации», Чебоксары, Россия (428025, Чебоксары, пр. М. Горького, 24), e-mail: indeykinaolga@mail.ru

Хотя есть много исследований о влиянии шума на здоровье, но исследований, посвященных влиянию белого шума на кардиореспираторную систему, недостаточно. Мы оценили, может ли белый шум оказывать влияние на изменения в функционировании кардиореспираторной системы у тридцати двух студенток. Белый шум подавался бинаурально через наушники. Интенсивность белого шума составила 60 дБА. Запись RR интервалов и дыхания непрерывно осуществлялась до и во время шумового воздействия. Сравнительный анализ значения частоты сердечных сокращений показал, что воздействие шума приводит к увеличению частоты сердечных сокращений ($Z=2,04$, $p<0,05$). Прослушивание белого шума привело к значительному снижению высокочастотной мощности (HF) ($Z=2,12$; $p<0,05$). Отношение LF/HF при воздействии белого шума было значительно больше, чем в состоянии покоя ($Z=2,02$; $p<0,05$). Статистически значимые изменения в частоте дыхания были найдены для белого шума ($Z=2,69$; $p<0,01$). Таким образом, вегетативные реакции на белый шум можно обнаружить с помощью анализа вариабельности сердечного ритма.

Ключевые слова: белый шум, кардиореспираторная система, вариабельность сердечного ритма, частота дыхания.

CHANGE OF FUNCTIONING OF CARDIORESPIRATORY SYSTEM AT IMPACT OF WHITE NOISE

Dimitriev D. A.¹, Indeykina O. S.¹, Dimitriev A. D.²

¹I. Y. Yakovlev Chuvash State Pedagogical University, Cheboksary, Russia (street K. Marksa, 38), e-mail: indeykinaolga@mail.ru

²Cheboksary Cooperative Institute (affiliate) of the Russian University of Cooperation, Cheboksary, Russia (pr. M. Gorky, 24), e-mail: indeykinaolga@mail.ru

Although there have been many studies on health effects of noise, studies on the relationship between white noise and cardiorespiratory function are limited. In the present study, we examined whether white noise affects induced changes in functioning of cardiorespiratory system in thirty-two university female students. The white noise was binaurally presented through headphones. The test intensity of white noise was 60 dBA. Beat-to-beat R-R intervals and respiratory signals were continuously recorded prior to and during the exposure to noise. Comparative analysis of the significance of heart rate showed that noise exposure causes an increase in heart rate ($Z = 2,04$; $p < 0,05$). Hearing white noise results significant decrease of high-frequency power (HF) ($Z=2,12$; $p<0,05$). The ratio of LF to HF power of white noise was significantly greater than the rest condition ($Z=2,02$; $p<0,05$). Statistically significant changes in respiratory rate were found for white noise ($Z=2,69$; $p<0,01$). The instant autonomic responses to white noise can be detected using analysis of heart rate variability.

Key words: white noise, cardiorespiratory system, heart rate variability, respiratory rate.

Введение

Важнейшим направлением современной физиологии человека является изучение реакции различных функциональных систем на звуковое воздействие; при этом особое внимание уделяется неспецифическому действию шума на висцеральные системы [2]. Центральное место в процессах адаптации организма и к воздействиям различного характера занимают система внешнего дыхания и сердечно-сосудистая система, взаимодействие между

которыми позволяет рассматривать эти две системы как единую, в функциональном смысле, кардиореспираторную систему [9]. Оценка функционирования сердечно-сосудистой системы в настоящее время осуществляется с использованием методов изучения variability сердечного ритма, что позволяет определить выраженность влияния вегетативной нервной системы на синоатриальный узел [1].

Согласно современным представлениям о влиянии звуков различного происхождения на стволовые и ростральные центры головного мозга, звуковые колебания способны оказывать существенное влияние на психоэмоциональную сферу и вегетативную регуляцию внутренних органов [4]. В то же время исследования, проведенные с использованием различных звуковых стимулов, показали, что данное воздействие оказывает существенное влияние на функционирование кардиореспираторной системы, что проявляется в повышении частоты дыхания, артериального давления и повышении активности симпатического отдела вегетативной нервной системы [6]. Но необходимо отметить, что большинство из них посвящены оценке эффекта от звукового воздействия большой интенсивности, превышающей гигиенические нормативы. Кроме того, современная теория восприятия звука указывает на то, что характер звукового воздействия имеет большое значение для индивидуального восприятия звука и для формирования физиологической реакции на данное воздействие [7].

В связи с вышесказанным, **целью** нашего исследования является изучение влияния белого шума низкой интенсивности на функционирование кардиореспираторной системы.

Материал и методы исследования

В эксперименте приняла участие 31 студентка, обучающаяся на 1–4 курсах факультета естествознания и дизайна среды ФГБОУ ВПО «Чувашский государственный педагогический университет им. И. Я. Яковлева».

В качестве звукового стимула использовался белый шум, сгенерированный с помощью программы Sound Forge 7.0. Интенсивность шумового воздействия составила 60 дБ (А), что соответствует гигиеническому нормативу (СанПиН 2.1.2.2645-10) [3]. В качестве источника шума нами был использован CD-проигрыватель Panasonic (SL-CT820). Звук подавался через наушники Sony (MDR-XD200). Для измерения уровня звука в каждом канале нами была применена модель искусственного уха оригинальной конструкции; измерение проводилось с помощью шумомера CENTER 320 (Center technology Corp., Taiwan).

Запись variability сердечного ритма осуществлялась с помощью программно-аппаратного комплекса «Поли-спектр 8Е» (ООО «Нейрософт»). Снятие кардиоритмограммы проводилось согласно рекомендациям Европейской Ассоциации Кардиологии. Частота дыхания изучалась с использованием датчика дыхания для программно-аппаратного

комплекса «Поли-спектр 8Е». Измерение артериального давления проводилось неинвазивным аускультативным методом Н. С. Короткова, с помощью автоматического тонометра ВР 3АG-1 фирмы Microlife.

Исследование проводилось дважды: в отсутствии и во время шумового воздействия.

В ходе исследования нами оценивались следующие показатели: частота сердечных сокращений (ЧСС), систолическое артериальное давление (САД), диастолическое артериальное давление (ДАД), частота дыхания (ЧД), отношение числа NN-интервалов, отличающихся от соседних более чем на 50 мс к общему числу NN-интервалов (pNN50), стандартное отклонение всех NN интервалов (SDNN), среднее значение квадратного корня из суммы квадратов разности величин последовательных пар NN-интервалов (RMSSD), общая мощность (TF), мощность спектра низкочастотного компонента ВСР (LF), мощность спектра высокочастотного компонента ВСР (HF), мощность очень низкочастотного компонента ВСР (VLF), индекс вегетативного баланса (LF/HF), вегетативный индекс Кердо (ВИК).

Статистическая обработка данных проводилась с использованием статистического пакета профессиональной статистики «Statistica 7.0 for Windows».

Результаты исследования и их обсуждение

Сравнительный анализ значения частоты сердечных сокращений показал, что воздействие шума вызывает повышение ЧСС ($Z=2,04$; $p<0,05$). Это указывает на понижение относительного тонуса парасимпатического отдела вегетативной нервной системы (ВНС), повышение активности преганглионарных нейронов симпатического отдела ВНС. На повышение симпатического тонуса указывает и увеличение тонуса гладкой мускулатуры артериальных сосудов, о чем можно судить по повышению диастолического артериального давления (ДАД) ($Z=2,74$; $p<0,01$).

Об усилении симпатического и ослаблении парасимпатического влияния на кардиомиоциты также свидетельствует достоверное повышение систолического артериального давления (таблица 1).

Таблица 1

Изменение гемодинамических показателей
в отсутствии и во время шумового воздействия

Показатель	В отсутствии шумового воздействия	Во время шумового воздействия	Z	p
ЧСС, уд/мин	65,77±1,31	68±1,47	2,04	<0,05
САД, мм.рт.ст.	107,38±1,38	109,89±1,46	2,43	<0,05
ДАД, мм.рт.ст.	67,66±1,23	69,45±1,52	2,74	<0,01
ВИК	-4,36±2,79	-2,77±2,58	2,12	<0,05

Вышеуказанные изменения САД и ЧСС привели к повышению среднего значения вегетативного индекса Кердо, что также указывает на сдвиг вегетативного баланса в сторону повышения симпатического тонуса вегетативной нервной системы.

Согласно современным представлениям, изменения вегетативного влияния на пейсмекерные клетки синусового узла вызывают не только изменение частоты сердечных сокращений, но и существенный сдвиг в характере вариабельности продолжительности интервалов RR. Наши исследования показывают, что сенсорное воздействие в форме белого шума уменьшает вариабельность сердечного ритма: происходит достоверное снижение SDNN ($Z=1,81$; $p>0,05$), выраженное снижение RMSSD ($Z=3,02$; $p<0,01$) и pNN50 ($Z=2,02$; $p<0,05$) (таблица 2).

Таблица 2

Изменение временных показателей ВСП в отсутствии и во время шумового воздействия

Показатель	В отсутствии шумового воздействия	Во время шумового воздействия	Z	p
SDNN, мс	48,32±4,09	46,68±4,21	1,81	>0,05
RMSSD, мс	49,43±4,64	46,5±4,41	3,02	<0,01
pNN50, %	28,34±4,28	25,66±4,07	2,02	<0,05

Таким образом, сенсорное воздействие вызывает изменение не только общей вариабельности сердечного ритма, индикатором которого является SDNN, но и происходит снижение быстрых колебаний ритма сердца, что проявляется в уменьшении разницы между соседними RR-интервалами, и как следствие, в уменьшении RMSSD (с 49,43±4,64 по 46,5±4,41) и pNN50 (с 28,34±4,28 по 25,66±4,07).

Наиболее точное представление о вегетативном влиянии на ритм сердца дает изучение спектральных характеристик колебаний RR-интервалов. Шумовое воздействие вызвало небольшое и статистически недостоверное снижение общей мощности – TF ($Z=1,6$; $p>0,05$). Анализ отдельных спектральных компонентов выявил, что общая спектральная мощность волн в диапазоне ниже 0,04 Гц (VLF) изменилась несущественно; VLF формируется в результате периодических изменений активности ренин-ангитензиновой системы и системы терморегуляции [8]. Уровень спектральной мощности низкочастотных волн (0,04-0,15 Гц) – LF, обусловленных как активностью симпатического, так и парасимпатического отделов ВНС, снизился незначительно, хотя и несколько более выражено, чем уровень VLF.

Сенсорное воздействие сопровождалось понижением респираторной синусовой аритмии, о чем можно судить по показателям HF (0,15-0,4 Гц) ($Z=2,12$; $p<0,05$) и pHF ($Z=2,41$; $p<0,05$).

Поскольку снижение LF было менее выражено, чем HF, то произошло повышение индекса вегетативного баланса LF/HF ($Z=2,02$; $p<0,05$), что указывает на уменьшение относительного тонуса парасимпатического отдела вегетативной нервной системы и,

соответственно, повышение относительной активности симпатического отдела ВНС. Об этом же свидетельствуют значения rHF и pLF (таблица 3).

Таблица 3

Изменение спектральных показателей ВСР
в отсутствии и во время шумового воздействия

Показатель	В отсутствии шумового воздействия	Во время шумового воздействия	Z	p
TF, $мс^2$	2857,23±458,14	2758,92±464,06	1,60	>0,05
VLf, $мс^2$	914,57±164,97	847,80±165,59	0,27	>0,05
LF, $мс^2$	841,36±240,18	825,42±241,68	1,60	>0,05
HF, $мс^2$	1256,52±217,14	1116,96±204,42	2,12	<0,05
pLF, %	38,27±3,56	40,58±3,49	1,44	>0,05
pHF, %	62,72±3,71	58,79±3,57	2,41	<0,05
LF/HF	0,87±0,22	0,96±0,22	2,02	<0,05

Сенсорное воздействие сопровождалось повышением ЧД практически у всех обследованных студенток (рис. 1): среднее значение ЧД повысилось с $17,38±0,53$ до $18,52±0,63$ ($Z=2,69$; $p<0,01$).

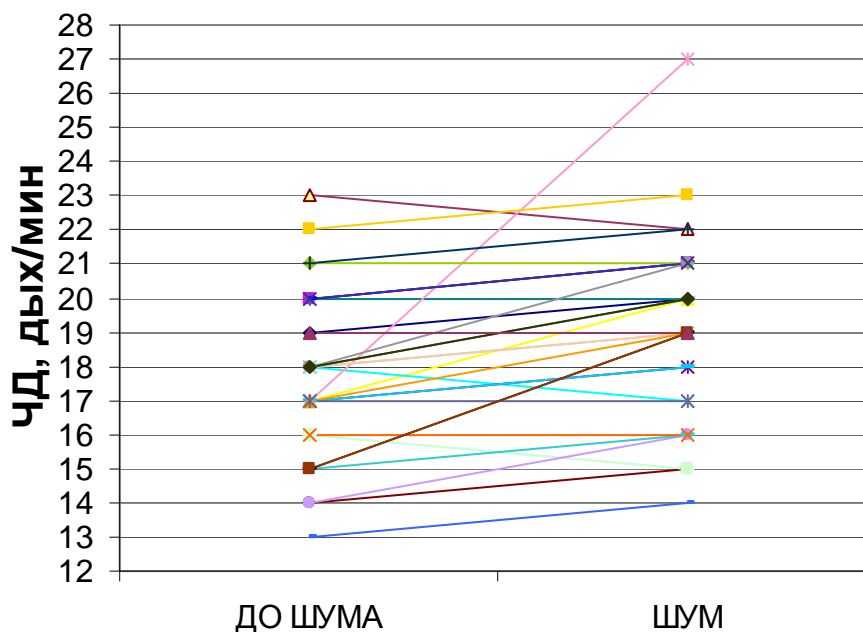


Рис. 1. Динамика частоты дыхания в отсутствии и во время шумового воздействия
Заключение

Воздействие белого шума на сенсорный анализатор вызвало значительное изменение активности стволовых центров, осуществляющих регуляцию функционирования сердечно-сосудистой системы и дыхания. Эффект от данного сенсорного стимула проявился в том, что произошёл сдвиг вегетативного баланса в сторону повышения активности симпатического отдела ВНС. Это явилось причиной повышения ЧСС и снижения вариабельности сердечного ритма, в том числе дыхательной синусовой аритмии, отражающей кардиореспираторное

взаимодействие. Активирующее влияние ростральных структур на стволовые также проявилось в значительном повышении частоты дыхания. Все эти изменения нельзя объяснить лишь уровнем сенсорного воздействия, поскольку интенсивность белого шума была в пределах гигиенических нормативов; основной причиной такой реакции может быть необычный характер звукового воздействия и спектральные характеристики белого шума. Обнаруженные нами закономерности реакции ВНС на экспозицию белым шумом низкой интенсивности подтверждаются данными, полученными Lee и соавторами [5], которые обнаружили существенные изменения RSA при воздействии белого шума низкой интенсивности; но эти авторы не изучали уровни артериального давления и частоту дыхания.

Список литературы

1. Баевский Р. М. Анализ variability сердечного ритма при использовании различных электрокардиографических систем (Ч. 1) / Р. М. Баевский, Г. Г. Иванов, Л. В. Чирейкин и др. // Вестник аритмологии. – 2004. – Т. 24. – С. 65.
2. Денисов Э. И., Чесалин П. В. Неспецифические эффекты воздействия шума / Э. И. Денисов, П. В. Чесалин // Гигиена и санитария. – 2007. – № 6. – С. 54-56.
3. СанПиН 2.1.2.2645-10 VI. Гигиенические требования к уровням шума, вибрации, ультразвука и инфразвука, электрических и электромагнитных полей и ионизирующего излучения в помещениях жилых зданий.
4. Krumhansl C. L. An exploratory study of musical emotion and psychophysiology / C. L. Krumhansl // Canadian Journal Experimental Psychology. – 1997. – N. 51. – P. 336-352.
5. Lee G. S. Evoked response of heart rate variability using short-duration white noise / G. S. Lee, M. L. Chen, G. Y. Wang // Autonomic Neuroscience: Basic and Clinical. – 2010. – Vol. 155. – N. 1. – P. 94-97.
6. Nyklicek I. Cardiorespiratory differentiation of musically-induced emotions / I. Nyklicek, J. F. Thayer, L. J. P. Van Doornen // J. Psychophysiology. – 1997. – N. 11. – P. 304-321.
7. Peng S. M. Effects of music and essential oil inhalation on cardiac autonomic balance in healthy individuals / S. M. Peng, M. Koo, Z. R. Yu // Altern. Complement Med. – 2009. – Vol. 15. – N. 1. – P. 53-57.
8. Rajendra A. U. Heart rate variability: a review / A. U. Rajendra, J. K. Paul, N. Kannathal, C. M. Lim, J. S. Suri // Med. Biol. Eng. Comput. – 2006. – Vol. 44. – N. 12. – P. 1031-1051.
9. Taylor E. W. Central control of the cardiovascular and respiratory systems and their interactions in vertebrates / E. W. Taylor, D. Jordan, J. H. Coote // Physiology Rev. – 1999. – Vol. 79. – N. 3. – P. 855-916.

Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки РФ: грант № 14.В37.21.0215, грант № 4.4904.2011.

Рецензенты:

Меркулова Л. М., д-р мед. наук, профессор кафедры функциональной и лабораторной диагностики ФГБОУ ВПО «Чувашский государственный университет им. И. Н. Ульянова», г. Чебоксары.

Сапожников С. П., д-р мед. наук, профессор, заведующий кафедрой медицинской биологии ФГБОУ ВПО «Чувашский государственный университет им. И. Н. Ульянова», г. Чебоксары.