

УДК 612.-014

ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ВАРИАбельНОСТИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА В УСЛОВИЯХ УПРАВЛЯЕМОГО ДЫХАНИЯ С ИНДИВИДУАЛЬНО ПОДОБРАННОЙ ЧАСТОТОЙ

Бирюкова Е.А., Чуян Е.Н., Янцев А.В., Богданова О.Д.

*Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, Симферополь, Украина
E-mail: biotema@mail.ru*

Методом однофакторного дисперсионного анализа изучен качественный и количественный вклад управляемого дыхания с индивидуально подобранной частотой (УДИПЧ) в изменение показателей variability сердечного ритма испытуемых с разным типом вегетативной регуляции. Показано, что курс УДИПЧ обеспечивает снижение влияния неконтролируемых факторов на показатели variability сердечного ритма и является мощным механизмом изменения важнейших параметров как кардиореспираторной и вегетативной нервной систем испытуемых, так и всего организма в целом.

Ключевые слова: кардиореспираторная система, вегетативная регуляция, управляемое дыхание, variability сердечного ритма, дисперсионный анализ.

ВВЕДЕНИЕ

Изучению основных ритмических процессов в организме человека посвящено большое количество работ [1-3]. Такой интерес исследователей обусловлен тем, что взаимодействие данных периодических составляющих во многом определяет динамику функционального состояния не только отдельных систем, но и всего организма в целом. Особый интерес, однако, представляют исследования, учитывающие взаимодействие сердечного (СР) и дыхательного ритмов демонстрирующие значительные особенности этих доминантных колебательных процессов кардиореспираторной системы (КРС) испытуемых.

Сравнительно недавно было обнаружено [4], что СР модулируется множеством различных внешних влияний, в качестве которых, в том числе, выступает дыхание [5]. Известно, что этот процесс является практически единственной вегетативной функцией, имеющей "произвольный вход": человек может сознательно изменять частоту и глубину дыхания, что открывает уникальную возможность управления центральным ритмогенезом сердца посредством вовлечения нейрональных механизмов сердечного контроля в доминантный дыхательный ритм [6].

В предыдущих наших исследованиях [7] показана значительная эффективность применения метода управляемого дыхания с индивидуально подобранной частотой (УДИПЧ) для коррекции функционального состояния испытуемых с разным типом

вегетативной регуляции, однако объяснение механизма влияния дыхания на длительность кардиоинтервалов и, в частности, вариабельность сердечного ритма (ВСР) остается одной из сложных проблем современной физиологии. [8, 9]. Для решения этих задач перспективным является привлечение дополнительных методов математической статистики, в частности, дисперсионного анализа, используемого для выявления индивидуального вклада при совместном влиянии факторов, не поддающихся количественному измерению, на изучаемые показатели.

В связи с этим, целью настоящей работы является оценка качественного вклада УДИПЧ в общую дисперсию показателей ВСР методом однофакторного дисперсионного анализа.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследовании принимали участие 53 студента-волонтера женского пола в возрасте 18-23 лет, условно здоровых, без признаков патологии КРС. Исследования проводили в межменструальный период.

В соответствии со значениями стресс-индекса (S_i) [10] все испытуемые были разделены на 3 группы: I – со средними значениями S_i ($50 < S_i < 200$ усл.ед.; нормотоники; [10]) – 40% ($n=21$); II – с низкими значениями S_i (50 усл.ед. $< S_i$; ваготоники; [10]) – 30% ($n=16$) и III – с высокими значениями S_i ($S_i > 200$ усл.ед.; симпатотоники; [10]) – 30% ($n=16$). Такой отбор позволил сформировать однородные группы испытуемых.

Исследования ВСР у испытуемых проводили с помощью аппаратно-программно-аппаратного комплекса «Омега-М» (производство научно-исследовательской лаборатории «Динамика», г. Санкт-Петербург) ежедневно в течение 10-ти дней курса УДИПЧ. Регистрацию проводили в течение 5-ти минут в положении сидя при спокойном дыхании.

В первый день исследования контрольную запись показателей ВСР регистрировали на фоне спонтанного дыхания.

Для реализации поставленной цели были использованы показатели, являющиеся маркерами функционального состояния испытуемых и относящиеся к разным методам анализа ВСР: спектральному (общая мощности спектра СР – ТР, $мс^2$; мощности волн в высоко- и низкочастотных диапазонах спектра СР – HF и LF, $мс^2$) и вариационной пульсометрии по Баевскому (S_i , усл.ед), которые подробно описаны в литературе и наших предыдущих исследованиях [7, 10-13].

В последующие 10 дней исследования запись показателей ВСР осуществляли на фоне управляемого дыхания, частота которого соответствовала частоте локализации максимального пика мощности в низкочастотном (LF) диапазоне СР с помощью АПК «Омега-М» [7, 12].

Продолжительность сеанса УДИПЧ составляла около 5-ти минут. Повторную запись ритмограммы проводили не ранее, чем через 5 минут после окончания сеанса УДИПЧ.

Оценка функции распределения исследуемых показателей ВСР позволила заключить, что параметры наблюдаемой нами выборки имели распределение, близкое к нормальному. Это дало возможность оперировать показателями

вариативности признаков (дисперсией) с целью учета влияния организованных входных факторов. В качестве контролируемого фактора использовался курс УДИПЧ. Для оценки вклада влияния УДИПЧ в общую дисперсию использовали метод Н. Плохинского [14] при котором исследуемыми признаками факторного отклика являлись показатели силы влияния (η^2) контролируемых факторов на стресс-индекс и показатели спектрального анализа ВСР.

При этом учитывались следующие показатели:

SS effect (Dx) – сумма квадратов в уравнении дисперсии, обусловленная действием контролируемых факторов;

SS error (Dz) – сумма квадратов в уравнении дисперсии, обусловленная действием неконтролируемых факторов;

η^2 – % вклад контролируемых факторов в общую дисперсию, рассчитанный по формуле:

$$\eta^2 = \frac{Dx}{Dx + Dz} * 100$$

Суть этого метода состоит в том, что общая вариация результирующего показателя расчленяется на части, соответствующие раздельному и совместному влиянию различных качественных факторов, и остаточную вариацию, аккумулирующую влияние всех неучтенных составляющих. Статистическое изучение этих частей позволяет делать выводы о влиянии на результирующий показатель контролируемого фактора [15], в качестве которого, в частности, выступает УДИПЧ.

Статистическая обработка данных осуществлялась с помощью пакета программ «Омега-М» и «Статистика 6.0».

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Проведение однофакторного дисперсионного анализа показателей ВСР под влиянием курса УДИПЧ позволило установить статистически достоверное влияние данного контролируемого фактора на стресс-индекс и показатели спектрального анализа СР волонтеров 1-ой (нормотоники) и 3-ей (симпатотоники) групп уже с 3-х – 5-х суток исследования. У испытуемых 2-ой группы (ваготоников) достоверных изменений показателей дисперсионного анализа за 10 дней исследования выявлено не было (рис. 1, 2).

Широко известно, что Si характеризует степень преобладания симпатических влияний над парасимпатическими и уровень напряженности регуляторных систем [10, 11]. HF-компонента спектра СР (0,15–0,4 Гц) отражает вагусный контроль СР, тогда как LF-составляющая (0,04–0,15 Гц) характеризует состояние симпатического отдела ВНС [13] и, в частности, системы регуляции сосудистого тонуса (активность вазомоторного центра). Величина TP отражает суммарную активность вегетативных воздействий на СР [13].

Следовательно, полученные нами данные о факторном отклике стресс-индекса и мощности спектральных компонент СР (HF, LF и TP) волонтеров под воздействием УДИПЧ могут свидетельствовать о качественном влиянии данного фактора на ВНС и адаптационный потенциал организма испытуемых.

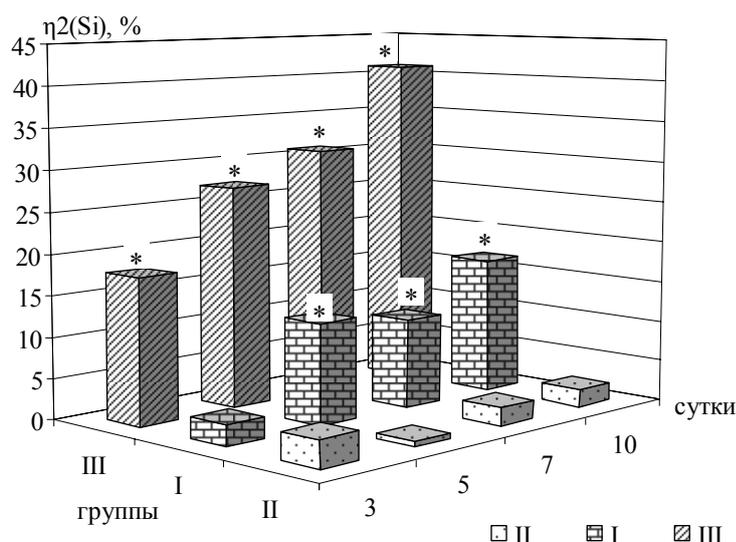


Рис. 1. Изменение процентного вклада влияния УДИПЧ в общую дисперсию стресс-индекса (η^2 , %) у испытуемых в разные сроки эксперимента.

Примечание: * – достоверность различий ($p < 0,05$) по критерию Фишера относительно исходных значений изученных показателей.

Однако значительный интерес, на наш взгляд, представляет возможность количественного анализа силы влияния УДИПЧ на показатели ВСР в зависимости от продолжительности данного курса. Для этого используют показатель соотношения дисперсии, обусловленной влиянием контролируемого фактора (УДИПЧ) к общей дисперсии (η^2 , %).

Так, анализ показателей вариационной пульсометрии выявил значительное увеличение процентного вклада влияния УДИПЧ в общую дисперсию показателя Si у испытуемых 1-ой группы уже с 5-х суток исследования, а к 10-м суткам УДИПЧ показатель η^2 составил 17% ($p < 0,05$). Подобные изменения, выраженные, однако, в еще большей степени регистрировали и у испытуемых 3-ей группы, у которых к десятым суткам исследования значения показателя η^2 увеличился на 41% ($p < 0,05$) относительно фоновых значений.

Известно, что при полном отсутствии влияния факторного эффекта η^2 будет равно 0, а при значительном влиянии фактора – стремиться к 100% [16].

Так нами зарегистрировано существенное увеличение процентного вклада УДИПЧ в изменение стресс-индекса (Si) испытуемых 1-ой и 3-ей групп. Следует отметить, что эти изменения зависели как от индивидуально-типологических особенностей испытуемых (в большей степени УДИПЧ оказывало влияние на испытуемых симпатотоников, в меньшей – на ваготоников), так и от продолжительности действия данного фактора (максимальный факторный отклик на УДИПЧ был зарегистрирован на 10-е сутки исследования).

Анализ волновых показателей СР, отражающих внутреннюю структуру ряда кардиоинтервалов, так же показал достоверное увеличение процентного вклада

влияния УДИПЧ в общую дисперсию как показателя суммарной мощности спектра СР (ТР), так и ее составляющих (HF, LF) у испытуемых, начиная с 5х суток исследования (рис. 2).

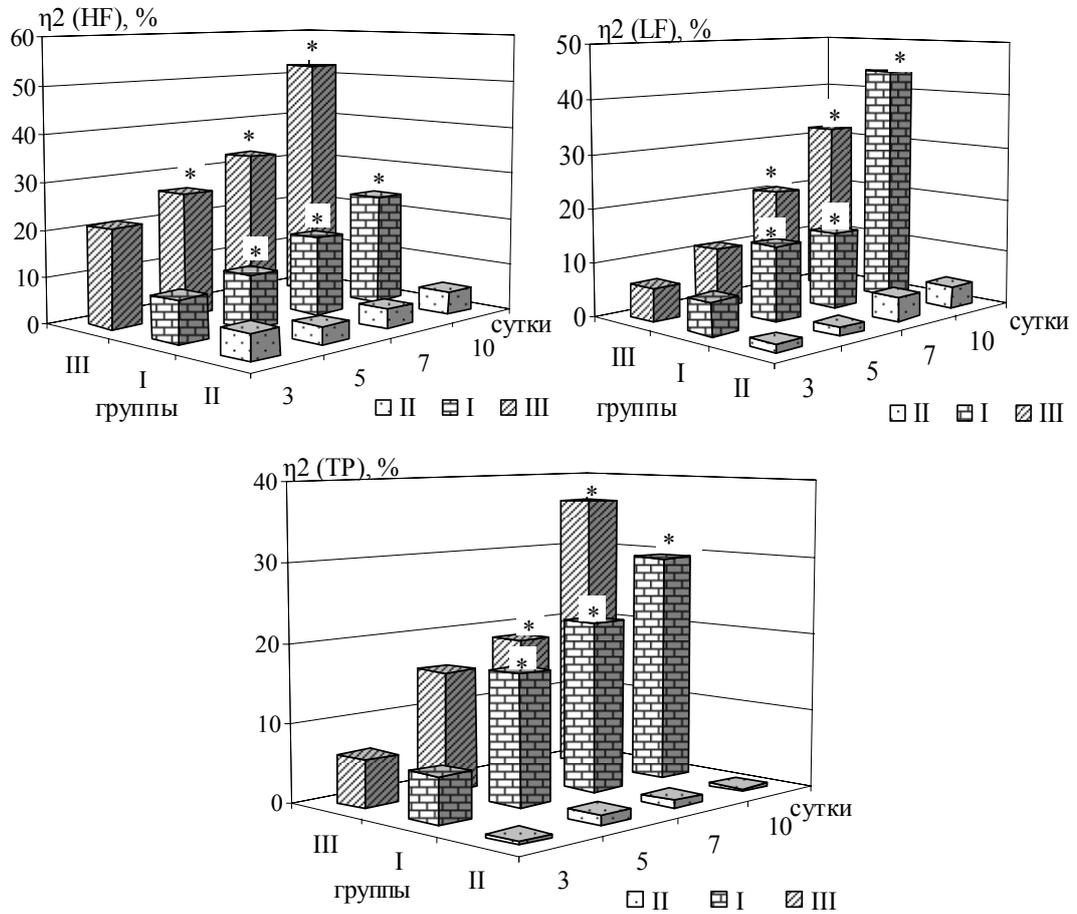


Рис. 2. Изменение процентного вклада влияния УДИПЧ в общую дисперсию показателей спектрального анализа СР (η^2 , %) у испытуемых в разные сроки эксперимента.

Примечание: * – достоверность различий ($p < 0,05$) по критерию Фишера относительно исходных значений изученных показателей.

У испытуемых 1-ой группы на 10-е сутки исследования значения показателей η^2 (HF, LF и TR) увеличились относительно фоновых значений на 24%, 44% и 29% ($p < 0,05$) соответственно. У испытуемых 3-ей группы были зарегистрированы наибольшие изменения данных показателей, возросшие на 52%, 32% и 37% ($p < 0,05$) относительно исходных значений. У испытуемых 2-ой группы достоверных изменений изученных показателей дисперсионного анализа за 10 дней исследования зарегистрировано не было (рис. 2).

Значительное влияние со стороны контролируемых факторов испытывали и волновые показатели ВСП, отражающие внутреннюю структуру ряда кардиоинтервалов: суммарная мощность спектра ВСП (TP) и селективные составляющие variability ритма сердца – HF и LF, что свидетельствует о факторном отклике на автономном и сегментарном уровнях регуляции СР.

В целом, результаты исследования показали, что на протяжении всего курса УДИПЧ отмечалось значительное увеличение вклада УДИПЧ в динамику стресс-индекса (Si) и показателей спектрального анализа СР испытуемых 1-ой и 3-ей групп с нормальным и симпатическим тонусом ВНС, что свидетельствует о влиянии УДИПЧ на функциональное состояние этих испытуемых.

Вместе с тем, выявлены индивидуальные различия в реакции на УДИПЧ у испытуемых выделенных групп. Так, проведенный анализ позволил установить высокую значимость вклада влияния УДИПЧ в функциональное состояние испытуемых, в большей степени выраженную, однако, у симпатотоников. В группе ваготоников, напротив, отмечалась только тенденция к увеличению вклада УДИПЧ в общую дисперсию признака. Такие изменения у испытуемых выделенных групп под влиянием УДИПЧ, по-видимому, объясняются законом «начальных значений» Вильдера-Лейтеса, основной смысл которого состоит в «стягивании исходно различных значений показателя к единому уровню. Этап реакции, состоящий в уменьшении дисперсии признака, формируется чаще в зоне средних значений физиологической нормы» [17]

Следует отметить, что рост процентного вклада УДИПЧ в дисперсию значений показателей ВСП значительно зависел от продолжительности курса УДИПЧ, что свидетельствует об общеадаптационном характере влияния данного фактора на организм испытуемых. В предыдущих наших исследованиях показано [12], что положительный эффект от курса УДИПЧ у испытуемых 1-ой и 3-ей групп регистрируется уже со 2-х-3-х суток исследования, а к 5-м-6-м суткам показатели ВСП в основном выходят на «плато» и практически не изменяются. Однако проведение дисперсионного анализа и, в частности, оценка количественного вклада УДИПЧ в общую дисперсию признака позволило зарегистрировать значительное увеличение вклада контролируемого фактора, которым и является УДИПЧ, в изменение показателей ВСП и общего функционального состояния в зависимости от продолжительности курса.

Таким образом, применение УДИПЧ обеспечивает снижение влияния неконтролируемых факторов на показатели ВСП и является мощным механизмом влияния на важнейшие параметры как сердечно-сосудистой и вегетативной нервной систем испытуемых, так и всего организма в целом.

ВЫВОДЫ

1. Управляемое дыхание с индивидуально подобранной частотой качественно и количественно влияет на дисперсию значений показателей variability ритма.
2. Вклад управляемого дыхания с индивидуально подобранной частотой в дисперсию стресс-индекса и показателей спектрального анализа (HF, LF и TP)

зависит от индивидуально-типологических особенностей испытуемых (в большей степени управляемое дыхание оказывает влияние на испытуемых симпатотоников, в меньшей – на ваготоников).

3. Влияние управляемого дыхания с индивидуально подобранной частотой на показатели variability сердечного ритма зависит от продолжительности действия данного фактора (максимальный эффект от управляемого дыхания зарегистрирован на 10-е сутки исследования).
4. Курс управляемого дыхания с индивидуально подобранной частотой обеспечивает снижение влияния неконтролируемых факторов на показатели variability сердечного ритма и является мощным механизмом влияния на важнейшие параметры как сердечно-сосудистой и вегетативной нервной систем испытуемых, так и всего организма в целом.

Список литературы

1. Relationships between short-term blood pressure fluctuations and heart variability in resting subjects. I: A spectral analysis approach / R.W. De Boer, J.M. Karemaker, J. Stracker [et al.] // *Med. Biol. Eng. Comput.* – 1985. – V. 23, № 4. – P. 352.
2. Physiology and pathophysiology of heart rate variability in humans: is power spectral analysis largely an index of baroreflex gain / P. Sleight, M.T. La Rovere, A. Mortara. [et al.] // *Clin. Sci.* – 1995. – V. 88, № 1. – P. 103.
3. Heart rate and blood pressure variability in normal subjects compared with data from beat-to-beat models developed from de Boer's model of the cardiovascular system / A.M. Whittam, R.H. Claytont, S.W. Lord [et al.] // *Physiol. Meas.* – 2000. – V. 21, № 2. – P. 305.
4. Беспятов А.Б. Синхронизация колебательных процессов в кардиореспираторной системе: Эксперимент, модели: дис. ... канд. физико-математических наук: защ. 01.04.03. / А.Б. Беспятов – Саратов: Саратовский гос. ун-т им. Н.Г. Чернышевского, 2005. – 161 с.
5. Glass L. Synchronization and rhythmic processes in physiology / L. Glass // *Nature.* – 2001. – V. 410. – P. 277.
6. Возможность управления ритмом сердца посредством произвольного изменения частоты дыхания / В.М. Покровский, В.Г. Абушкевич, А.И. Дашковский [и др.] // *ДАН СССР.* – 1985. – Т. 283, № 3. – С. 73–740.
7. Чуян Е.Н. Роль управляемого дыхания в коррекции функционального состояния организма студентов / Е.Н. Чуян, Е.А. Бирюкова, М.Ю. Раваева // *Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Сер. «Биология, химия».* – 2008. – Т. 21 (60), №2. – С. 147–155.
8. Chess G.F. Influence of cardiac neural inputs on rhythmic variations of heart period in cat / G.F. Chess, R.M. Tam, F.R. Carlaresu // *Am. J. Physiol.* – 1975. – V. 228, №3. – P. 775–780.
9. Power spectrum analysis of heart rate fluctuation: A quantitative probe of beat-to-beat cardiovascular control / S.D. Akselrod, D. Gordon, F.A. Ubel [et al.] // *Science.* – 1981. – V. 213, № 4503. – P. 220–222.
10. Баевский Р.М. Оценка адаптационных возможностей организма и риск развития заболеваний / Р.М. Баевский, А.П. Берсенева. – М.: Медицина, 1997. – 236 с.
11. Михайлов В.М. Variability сердечного ритма: Опыт практического применения. – Иваново: Нейрософт, 2000. – 200 с.
12. Бирюкова Е.А. Синхронизация колебательных процессов в кардио-респираторной системе испытуемых с разным типом вегетативной регуляции / Е.А. Бирюкова, Е.Н. Чуян, О.Д. Богданова // *Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Сер. «Биология, химия».* – 2009. – Т. 22 (61), №. 4 – С. 18–29.
13. Heart rate variability. Standatds of Measurement, Physiological interpretation and clinical use// *Circulation.* – 1996. – V.93. – P.1043–1065.

14. Плохинский Н.А. Достоверность разности малых долей / Плохинский Н.А. // Математические методы в биологии. – М., 1972. – 266 с.
15. Колемаев В.А. Теория вероятностей и математическая статистика / Колемаев В.А., Староверов О.В., Турундаевский В.Б. – М., 1991. – 308 с.
16. Гусев А.Н. Дисперсионный анализ в экспериментальной психологии: Учеб. пособие для студентов факультетов психологии вузов / Гусев А.Н. – М.: Учеб.-метод. коллектор "Психология", 2000. – 136 с.
17. Плеханов Г.Ф. Зависимость реакции биосистемы на раздражитель от ее исходного значения / Г.Ф. Плеханов, Н.В. Васильев, Т.И. Козлова // Бюл. Сиб. отд. АМН СССР. – 1989. – № 2. – С. 83–86.

Бірюкова О.О. Дисперсійний аналіз показників варіабельності серцевого ритму в умовах керованого дихання з індивідуально підбраною частотою / О.О. Бірюкова, О.М. Чуян, О.В. Янцев [та ін.] // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2010. – Т. 23 (62). – № 2. – С. 46-53.

Методом однофакторного дисперсійного аналізу вивчений якісний і кількісний внесок керованого дихання з індивідуально підбраною частотою (КДППЧ) до зміни показників варіабельності серцевого ритму випробовуваних з різним типом вегетативної регуляції.

Показане, що курс КДППЧ забезпечує зниження впливу неконтрольованих чинників на показники варіабельності серцевого ритму і є потужним механізмом впливу на найважливіші параметри як серцево-судинної і вегетативної нервової систем випробовуваних, так і всього організму в цілому.

Ключові слова: кардіореспіраторна система, вегетативна регуляція, кероване дихання, варіабельність серцевого ритму, дисперсійний аналіз.

Birukova E.A. The dispersive analysis of indicators of heart rate variability conditions under the influence of controlled breath with individually fitted frequency / E.A. Birukova, E.N. Chuyan, A.V. Jantsev [et al.] // Scientific Notes of Taurida V.I. Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2010. – V.23 (62). – № 2. – P. 46-53.

With the help of the one-factorial dispersive analysis method was studied the qualitative and quantitative contribution of controlled breathing with individually fitted frequency (CBIFF) in the change of indicators of heart rate variability of examinees with various type of vegetative regulation.

It is shown that course CBIFF provides decrease of uncontrollable factors influence on the indicators of heart rate variability and is the powerful mechanism of influence on the major parameters of cardiovascular and vegetative nervous systems of examinees, and all organism as a whole.

Keywords: cardiovascular system, the vegetative regulation, controlled breathing, of heart rate variability, the dispersive analysis.

Поступила в редакцію 02.06.2010 г.