

## ИЗМЕНЕНИЯ ВЕГЕТАТИВНОГО БАЛАНСА ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ СТАБИЛОМЕТРИЧЕСКИХ ТЕСТОВ ЮНЫМИ ТАНЦОРАМИ

Н.Н. Захарьева, Е.И. Малиева

ФГБВОУ ВО «Российский государственный университет физической культуры, спорта, молодежи и туризма (ГЦОЛИФК)», Москва, Россия

Для связи с авторами: E-mail: zakharyeva.natalia@mail.ru, elena.malieva13@gmail.com

### Аннотация

**Цель** – выявить возрастные особенности функционирования постуральной и автономной нервной систем у танцоров в периодах препубертата, пубертата и постпубертата при выполнении стабилOMETрического теста «Устойчивость в позе Ромберга» на двух ногах и отдельно на правой и на левой ноге, со зрительным контролем и его ограничением.

**Методы и организация исследования.** Проведена оценка вегетативного баланса и вегетативной реактивности у юных танцоров разных возрастов, занимающихся спортивными бальными танцами и имеющих высокие достижения на соревнованиях. Оценка вегетативного баланса проведена в состоянии покоя и при выполнении стабилOMETрического теста «Устойчивость в позе Ромберга» на двух ногах и отдельно на правой и левой ноге, со зрительным контролем и его ограничением. Был использован прибор спироартериокардиоритмограф (прибор САКР, спироартериоритмокардиограф, разработанный в г. Санкт-Петербурге). В исследовании принял участие регулярно тренирующиеся юные танцоры (31 чел.): в возрасте 7-10 лет (1-я группа) – 11 человек; 11-14 лет (2-я группа) – 12 человек; 15-19 лет (3-я группа) – 8 человек.

**Результаты исследования.** Первая группа юных танцоров имела нормотонический тип автономной нервной регуляции variability ритма сердца (АНР ВРС) – 72,72%, LF/HF>nu –  $0,42 \pm 0,083$ ; вторая группа юных танцоров имела ваготонический тип автономной нервной регуляции variability ритма сердца (АНР ВРС) – 27,2%, LF/HF>nu –  $0,87 \pm 0,131$ . При определении типологических особенностей регуляции ритма САД отмечены 2 типа: симпатикотонический тип – 63,6%, нормотонический тип – 36,3%. При определении типологических особенностей регуляции ритма ДАД также отмечены 2 типа: симпатикотонический тип встречается в большинстве случаев – 72,7%, нормотонический тип – в 27,2%. Типологические характеристики регуляции ритма дыхания были представлены в основном нормотоническим типом – 81,8% и реже ваготоническим типом – 18,1% (ваготонический тип считается оптимальным для регуляции variability ритма дыхания).

При оценке изменения вегетативной реактивности отмечено, что наиболее сильные изменения вегетативного баланса при проведении функционального теста на стабiloграфе выявлены в период пубертата у девочек. Также после выполнения теста «Устойчивость в позе Ромберга» на двух ногах у спортсменов всех трех возрастных групп с ваготоническим типом автономной нервной регуляции variability ритма сердца выявлено выраженное напряжение межсистемных отношений, что показывает высокую степень напряжения процессов адаптации.

**Заключение.** При занятиях спортивными бальными танцами очень важно оценивать работу постуральной системы. Информативным методом для подобной оценки является стабiloметрия. Важным критерием, отражающим процесс адаптации юных танцоров к физическим нагрузкам, является вегетативная реактивность, которую позволяет оценить метод спироартериокардиоритмографии, проведенный до и после выполнения стабилOMETрических тестов. Независимо от возраста юных танцоров, наибольшие изменения при анализе автономной нервной регуляции variability ритма сердца после выполнения стабилOMETрических тестов отмечены в спектрах variability ритмов сердца и дыхания.

**Ключевые слова:** юные танцоры, спироартериокардиоритмография, стабiloметрия, качество функции равновесия.

### CHANGES IN VEGETATIVE BALANCE OF YOUNG DANCERS TAKING STABILOMETRY TESTS

N.N. Zakhareva, E.I. Malieva

FGBVOU VO «Russian State University of Physical Education, Sport, Youth and Tourism (SCOLIPE)», Russia, Moscow

### Abstract

**The aim** is to reveal age-related peculiarities of functioning of postural and autonomic nervous systems of

dancers in pre-pubertal, pubertal and post-pubertal periods, taking «Romberg balance test» with two feet together and alternating right and left legs, with eyes open and eyes closed.

**Methods and organization of research.** The research focused on evaluation of vegetative balance and vegetative reactivity of young dancers of various ages practicing sport ballroom dancing and having obtained high achievements at competitions. Evaluation of vegetative balance occurred at rest and during «Romberg balance test» with two feet together and alternating right and left legs, with eyes open and eyes closed. Spiroarteriocardiorhythmograph device was used (SAKR device, spiroarteriorhythmocardiograph elaborated in Saint Petersburg). The study involved 31 regularly practicing young dancers aged 7-10 (1st group) – 11 people; aged 11-14 (2nd group) – 12 people; and aged 15-19 (3rd group) – 8 people.

**Research results.** The first group of young dancers had normotonic type of autonomic nervous system regulation of heart rate variability (ANSR HRV) – 72,72%, LF/HF>nu – 0,42±0,083; the second group of young dancers had vagotonic type of autonomic nervous system regulation of heart rate variability (ANSR HRV) – 27,2%, LF/HF>nu – 0,87±0,131. In determining typological features of regulation of SBP rate 2 types were distinguished: sympathicotonic type – 63,6%, normotonic type – 36,3%. In determining typological features of regulation of DBP rate 2 types were distinguished as well: sympathicotonic type is most common – 72,7%, normotonic type – 27,2%. Typological characteristics of regulation of breathing rhythm were significantly represented by normotonic type – 81,8% and rarely by vagotonic type – 18,1% (vagal type is considered to be optimal for regulation of variability of breathing rhythm).

Evaluation of changes in vegetative reactivity revealed that girls in their pubertal period had demonstrated the most evident changes in vegetative balance during functional stabilograph test. Furthermore, «Romberg balance test» with two feet together performed by athletes of three age groups with vagotonic type of autonomic nervous regulation of heart rate variability revealed evident tension of intersystem relations, which demonstrates a high-tension degree of adaptation processes.

**Conclusion.** Evaluation of postural system functioning is essential when practicing sport ballroom dancing. Stabilometry is an informative method for such evaluation. Vegetative reactivity is an important criterion reflecting the process of young dancers' adaptation to physical exercises, and spiroarteriocardiorhythmography method carried out before and after performing stabilometry tests gives an opportunity to assess it. Regardless of the age of young dancers, the greatest changes in the analysis of autonomic nervous regulation of heart rate variability occur after having performed stabilometry tests in the spectra of heart and breathing rhythm variability.

**Keywords:** young dancers, spiroarteriocardiorhythmography, stabilometry, quality of balance function.

## ВВЕДЕНИЕ

Функция равновесия является одной из базовых и важнейших для жизни, и её объективная диагностика в нормальной физиологии и патологии является актуальной в клинической практике [8, 9] и в спорте, в частности с помощью такого метода, как стабилметрия [7, 5]. Есть множество работ, рассматривающих функцию равновесия и баланса у детей [11, 12]. Также имеются работы, рассматривающие вегетативные сдвиги в организме спортсмена при выполнении функциональных проб, отражающих вегетативную реактивность организма спортсменов и качество работы постуральной системы [2, 4, 6, 13]. Однако, согласно литературным данным [10, 14], нет однозначного ответа на вопрос, как взаимосвязана работа постуральной системы организма спортсменов юного возраста с показателями автономной нервной регуляции вариабельности ритмов сердца, систолического, диастолического артери-

ального давления, дыхания и с физическими качествами юных танцоров, занимающихся спортивными балльными танцами.

**Целью данной работы** мы поставили выявление возрастных особенностей функционирования постуральной и автономной нервной систем у юных танцоров в периодах препубертата, пубертата и постпубертата при выполнении стабилметрического теста «Устойчивость в позе Ромберга» на двух ногах и отдельно на правой и на левой ноге, со зрительным контролем и его ограничением.

## ОРГАНИЗАЦИЯ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Обследованы регулярно тренирующиеся юные танцоры (31 чел.): в возрасте 7-10 лет 1-я группа – 11 человек (1 мальчик и 10 девочек); 11-14 лет – 2-я группа – 12 чел. (3 мальчика и 9 девочек); 15-19 лет – 3-я группа – 8 чел. (4 юноши и 4 девушки), тренирующиеся в танцевальном клубе «Кристалл» и его филиалах в

г. Москва. Исследования проводились в часы физиологической симпатикотонии (до 13.00) в лабораториях кафедры физиологии РГУФКСМиТ, лаборатории НИИ спорта и спортивной медицины. Все юные танцоры принимали участие в тестах: «Устойчивость в позе Ромберга» на двух ногах, отдельно на правой и на левой ноге, со зрительным контролем и его ограничением; также были обследованы на спиреокардиокардиоритмографе в состоянии покоя и каждый раз после проведения стабильно-метрических тестов. Выявлялся спектральный анализ variability ритма сердца (BPC), систолического, диастолического артериального давления и дыхания. Исходное состояние оценивалось после пребывания танцоров в состоянии покоя 15 минут в положении сидя, запись проводилась в течение 5 минут.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

У детей 7-10 лет в состоянии покоя в волновой структуре спектра преобладает влияние высокочастотных быстрых HF волн, меньше выражено влияние быстрых LF и минимален вклад доли диапазона сверхмедленных волн VLF. В волновой структуре спектра variability ритмов систолического артериального давления (САД) и диастолического артериального давления (ДАД) преобладает максимальное влияние сверхмедленных волн VLF. При регуляции ритма дыхания влияние быстрых HF волн и медленных волн LF выражено одинаково.

Анализ параметров автономной нервной регуляции variability ритмов сердца (BPC) позволил разделить юных танцоров в возрасте 7-10 лет на 2 группы. Первая группа юных танцоров имела нормотонический тип автономной нервной регуляции variability ритма сердца (АНР BPC) – 72,72%,  $LF/HF > nu - 0,42 \pm 0,083$ ; вторая группа юных танцоров имела ваготонический тип автономной нервной регуляции variability ритма сердца (АНР BPC) – 27,2%,  $LF/HF > nu - 0,87 \pm 0,131$ . При определении типологических особенностей регуляции ритма САД отмечены 2 типа: симпатикотонический тип – 63,6%, нормотонический тип – 36,3%. При определении ти-

пологических особенностей регуляции ритма ДАД также отмечены 2 типа: симпатикотонический тип встречается в большинстве случаев – 72,7%, нормотонический тип – в 27,2%. Типологические характеристики регуляции ритма дыхания были представлены в основном нормотоническим типом – 81,8% и реже ваготоническим типом – 18,1% (ваготонический тип считается оптимальным для регуляции variability ритма дыхания).

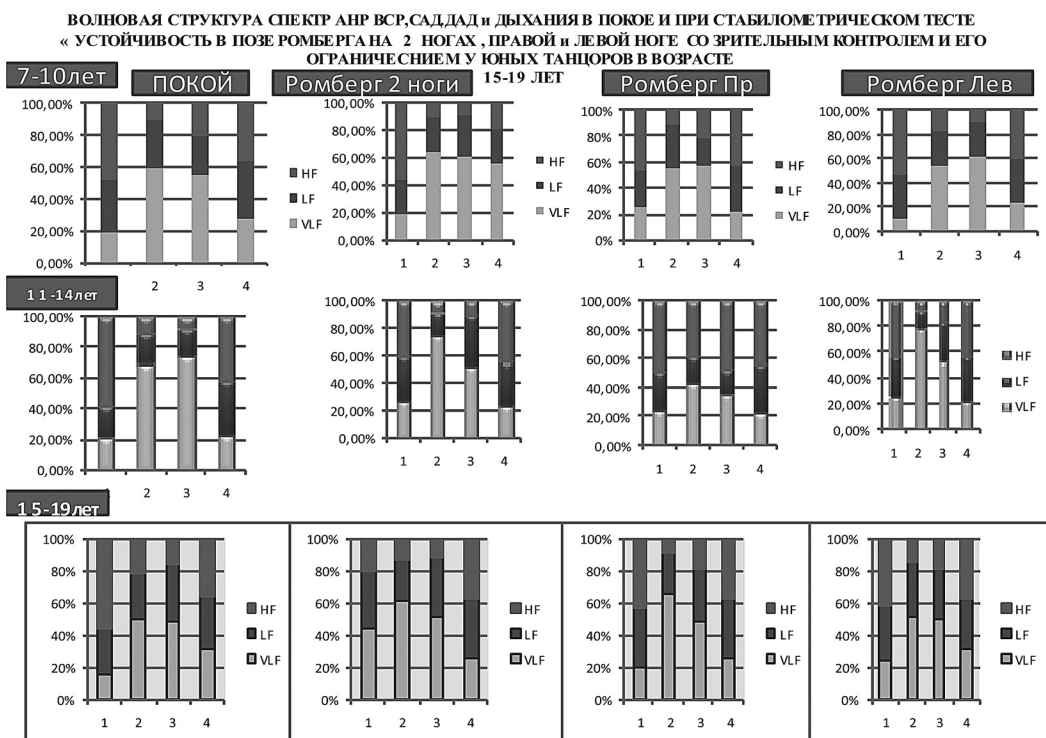
В возрасте 11-14 лет анализ параметров автономной нервной регуляции variability ритма сердца позволил разделить юных танцоров на 3 группы. Первая группа танцоров имела нормотонический тип автономной нервной регуляции variability ритма сердца (АНР BPC) – 50%, средние значения  $LF/HF > nu - 0,81$ ; у второй группы танцоров отмечен симпатикотонический тип автономной нервной регуляции variability ритма сердца (АНР BPC) – 20%, средние значения  $LF/HF > nu - 3,53$ ; в третьей группе танцоров отмечен ваготонический тип автономной нервной регуляции variability ритма сердца (АНР BPC) – 30%,  $LF/HF > nu - 0,25$ . Необходимо отметить, что у 30% танцоров из 1-й группы и у 60% танцоров из 3-й группы отмечено дисгармоничное развитие. Анализ параметров автономной нервной регуляции variability ритма систолического артериального давления в этой же возрастной группе имел 2 типа: нормотонический тип, индекс вегетативного баланса (ББ)  $LFS/HFS > nu - 1,14$  (50%) и симпатикотонический тип, индекс вегетативного баланса (ББ)  $LFS/HFS > nu - 2,31$  (50%). Анализ параметров автономной нервной регуляции variability ритма диастолического артериального давления также имел 2 типа: нормотонический тип, индекс вегетативного баланса (ББ)  $LFD/HFD > nu - 0,95$  – 40% и симпатикотонический тип, индекс вегетативного баланса (ББ)  $LFD/HFD > nu - 4,11$  – 60%. Анализ параметров автономной нервной регуляции variability ритма дыхания имел 2 типа: нормотонический тип, индекс вегетативного баланса (ББ)  $LFHP/HFHP > nu - 0,67$  – 60%, и ваготонический тип, индекс вегетативного баланса (ББ)  $LFD/HFD > nu - 0,41$  – 40%.

У юных танцоров 11-14 лет в состоянии покоя в волновой структуре спектра, отражающей вариабельность ритма сердца, преобладает влияние высокочастотных быстрых HF волн (54,4%), меньше выражено влияние медленных волн – LF (15,80%) и сверхмедленных волн – VLF (17,10%). В спектре вариабельности САД отмечены изменения волнового состава спектра в сравнении со спектром сердечного ритма: выраженное преобладание сверхмедленных волн – VLF (68,01%), влияние медленных волн практически без изменений LF – 17,71% и резкое уменьшение вклада в спектр быстрых волн HF (10,8%), в сравнении с волновой структурой спектра, отражающей вариабельность ритма сердца. В спектре вариабельности ритма ДАД отмечены практически те же изменения, что и в спектре вариабельности ритма САД (в сравнении со спектром вариабельности ритма сердца), но происходит дальнейшее усиление влияния в спектре

сверхмедленных волн VLF (73,03%); влияние медленных волн практически без изменений LF – 17,03% и резкое уменьшение доли влияния быстрых волн HF (7,01%). В спектре вариабельности ритма дыхания вновь, как и в спектре вариабельности ритма сердца, отмечено сильное влияние быстрых волн HF – 39,51%, при нарастании влияния медленных волн LF – 28,90%, и минимальном влиянии сверхмедленных волн VLF – 15,80%.

Изменения волновой структуры спектра в возрасте 16-19 лет отражают преобладание влияния высокочастотных быстрых HF волн (54,4%), менее выражено влияние медленных волн LF (15,80%) и сверхмедленных волн VLF (17,10%) в спектре вариабельности ритма сердца.

При проведении функциональных проб теста «Устойчивость в позе Ромберга» на правой и на левой ноге, на двух ногах выявлены изменения в спектральных характеристиках для каждого возраста (рисунок 1).



**Рисунок 1 – Волновая структура спектра АНР ВРС, САД, ДАД и дыхания в покое и при стабилметрическом тесте «Устойчивость в позе Ромберга» на 2 ногах, на правой и на левой ноге со зрительным контролем и его ограничением у юных танцоров**

**Figure 1 – Wave pattern of ANSR HRV, SBP, DBP and breathing of young dancers at rest and when taking «Romberg balance test» with 2 feet together and alternating right and left legs, with eyes open and eyes closed**

Необходимо сказать, что наиболее сильные изменения вегетативного баланса при проведении функционального теста на стабilo-графе выявлены в период пубертата. Однако для каждого возраста имеются конкретные изменения вегетативного баланса и волновой структуры спектра.

Как видно из рисунка 1, изменения волновой структуры спектра вариабельности ритма сердца в пробе «Устойчивость Ромберга» на двух ногах различны и зависят от возраста: резкое увеличение в сравнении с состоянием покоя доли быстрых HF волн в возрасте 7-10 лет; уменьшение в сравнении с состоянием покоя доли быстрых HF волн в возрасте 11-14 лет и резкое уменьшение доли быстрых HF волн в 16-19 лет. В структуре спектра ритма систолического давления, независимо от возраста, отмечено резкое увеличение доли сверхмедленных волн VLF, более всего выраженное в период пубертата. В структуре спектра ритма диастолического давления возрастные изменения различны: увеличение доли сверхмедленных волн VLF в возрасте 7-10 лет; увеличение доли медленных волн LF и сверхмедленных волн VLF в возрасте 11-14 лет; в возрасте 16-19 лет также выявлено увеличение доли медленных волн LF и сверхмедленных волн VLF, однако меньшее, чем в периоде пубертата. В структуре спектра ритма дыхания, касающегося периода 7-10 лет, изменения выражаются в увеличении доли сверхмедленных волн VLF. В возрасте 16-19 лет выявлено увеличение доли медленных волн LF.

Изменения волновой структуры спектра ритма сердца в пробе «Устойчивость в позе Ромберга» на правой ноге также различны и зависят от возраста: увеличение в сравнении с состоянием покоя доли быстрых HF волн в возрасте 7-10 лет, но меньшее, чем при пробе на 2 ногах; увеличение в сравнении с состоянием покоя доли медленных волн LF и уменьшение влияния быстрых HF волн в возрастах 11-14 лет и 16-19 лет. В структуре спектра ритма систолического давления увеличение доли сверхмедленных волн VLF более всего выражено в период постпубертата и в период 7-10 лет. В период пубертата отмечено увеличение доли быстрых HF волн в 3 раза.

В структуре спектра ритма диастолического давления возрастные изменения различны: увеличение доли сверхмедленных волн VLF в возрасте 7-10 лет. В период пубертата в спектре систолического артериального давления отмечено увеличение доли быстрых HF волн в 3 раза. В структуре спектра ритма дыхания в сравнении с состоянием покоя без изменений во всех возрастах.

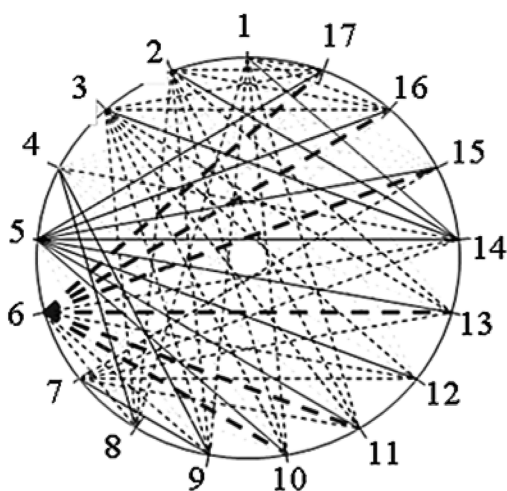
Изменения волновой структуры спектра вариабельности ритма сердца в пробе «Устойчивость в позе Ромберга» на левой ноге также выявлены возрастные изменения. Изменения волновой структуры спектра вариабельности ритма сердца: увеличение в сравнении с состоянием покоя доли быстрых HF волн в возрасте 7-10 лет в сравнении с пробой на правой ноге и пробой в состоянии покоя; резкое увеличение в сравнении с состоянием покоя доли медленных волн LF и уменьшение влияния быстрых HF волн, максимально выраженное в период 11-14 лет в сравнении с данными пробы на правой ноге и в меньшей степени – в 16-19 лет в сравнении с состоянием покоя. В структуре спектра ритма систолического давления произошло увеличение доли медленных волн LF, а доля влияния сверхмедленных волн VLF уменьшается в период 7-10 лет. В период пубертата отмечено резкое и максимально выраженное увеличение доли сверхмедленных волн VLF, в период постпубертата – увеличение доли медленных LF и увеличение доли сверхмедленных волн VLF. Однако увеличение доли сверхмедленных волн VLF выражено меньше, чем в пробах на 2 ногах и на правой ноге. В структуре спектра ритма диастолического давления возрастные изменения различны: в возрасте 7-10 лет – увеличение доли влияния сверхмедленных волн VLF и резкое снижение доли влияния быстрых HF волн; в возрасте 11-14 лет – увеличение доли влияния медленных LF волн; в возрасте 16-19 лет – увеличение доли влияния сверхмедленных волн VLF. В структуре спектра ритма дыхания в сравнении с состоянием покоя без изменений во всех возрастах. В возрасте 7-10 лет без изменений в сравнении с состоянием покоя. В возрасте 11-14 лет отмечено увеличение доли влияния быстрых HF

волн; в возрасте 16-19 лет – увеличение доли влияния медленных LF.

Также нами проведено исследование межсистемных корреляционных взаимосвязей между показателями автономной нервной регуляции variability ритма сердца, систолического артериального давления, диастолического артериального давления, ритма дыхания и показателями стабилотрии, то есть между показателями двух регулирующих систем у танцоров 7-10 и 11-15 лет. Как мы отмечали выше, в этих возрастных группах мы выделяли типы автономной нервной регуляции variability ритмов сердца в соответствии с данными Баевского Р.М., Шлык Н.И. В результате были сформированы три группы: группа ваготонии, группа нормотонии и группа симпатикотонии. В данной статье приведены только результаты юных танцоров 7-10 лет и 11-15 лет в группах

ваготонии и нормотонии, которые получены после теста «Устойчивость в позе Ромберга» на двух ногах.

На основании полученных данных нами проведено выявление количества межсистемных связей между показателями, полученными на приборах САКР и «Стабилан 01-2» по всем трем вариантам пробы: на двух ногах, отдельно на правой ноге и на левой ноге. При изучении межсистемных связей мы постарались установить, существует ли какая-либо связь между показателями в одной группе, и если эта связь существует, то как увеличение одного показателя сопровождается возрастанием (положительная корреляция) или уменьшением (отрицательная корреляция) другого. Параметры межсистемных связей – жесткость и плотность – отражают соотношение сильных и средне-сильных связей и количество



**Рисунок 2 – Корреляционная диаграмма связи показателей спектрального анализа ВРС и параметров стабилотрического теста «Устойчивость в позе Ромберга» на 2 ногах в возрасте 7-10 лет у группы нормотонии**

**Figure 2 – Correlation diagram of relations between indicators of HRV spectral analysis and parameters of «Romberg balance test» with 2 feet together performed by normotonia group aged 7-10**

Примечание: Показатели спектрального анализа variability ритма сердца: 1 – TPms2 (mc2), 2 – VLFms2, 3 – LFms2, 4 – LFn,nu, 5 – HF ms<sup>2</sup>, 6 – HFn>nu, 7 – LF/HF>nu; Параметры стабилотрических тестов: 8 – длина траектории ЦД по фронтالي (Lx мм) ОТКР. ГЛ., 9 – длина траектории ЦД по фронтали (Lx мм) ЗАКР. ГЛ., 10 – длина траектории ЦД по сагиттали (Ly мм) ОТКР. ГЛ., 11 – длина траектории ЦД по сагиттали (Ly мм) ЗАКР. ГЛ., 12 – средняя скорость перемещения (V мм/сек) ОТКР. ГЛ., 13 – средняя скорость перемещения (V мм/сек) ЗАКР. ГЛ., 14 – скорость изменения площади статокинезиграмм (SV кв.мм/сек) ОТКР. ГЛ., 15 – скорость изменения площади статокинезиграмм (SV кв.мм/сек) ЗАКР. ГЛ., 16 – площадь эллипса (ELLS мм<sup>2</sup>) ОТКР. ГЛ., 17 – Площадь эллипса (ELLS мм<sup>2</sup>) ЗАКР. ГЛ.

Прямые (положительные) корреляционные взаимосвязи – сплошная линия; обратные (отрицательные) – пунктирная; интенсивнее отмечены сильные взаимосвязи, менее проявлены средне-сильные.

Note: Indicators of spectral analysis of heart rate variability: 1 – TPms2 (mc2), 2 – VLFms2, 3 – LFms2, 4 – LFn,nu, 5 – HF ms<sup>2</sup>, 6 – HFn>nu, 7 – LF/HF>nu; Parameters of stabilometry tests: 8 – center-of-pressure trajectory length in the frontal plane (Lx mm) EYES OPEN, 9 – center-of-pressure trajectory length in the frontal plane (Lx mm) EYES CLOSED, 10 – center-of-pressure trajectory length in the sagittal plane (Ly mm) EYES OPEN, 11 – center-of-pressure trajectory length in the sagittal plane (Ly mm) EYES CLOSED, 12 – average movement speed (V mm/sec) EYES OPEN, 13 – average movement speed (V mm/sec) EYES CLOSED, 14 – statokinesigram area change rate (SV sq. mm/sec) EYES OPEN, 15 – statokinesigram area change rate (SV sq. mm/sec) EYES CLOSED, 16 – area of an ellipse (ELLS mm<sup>2</sup>) EYES OPEN, 17 – area of an ellipse (ELLS mm<sup>2</sup>) EYES CLOSED.

Direct (positive) correlation – solid line; inverse (negative) correlation – dashed line; strong correlations have intense highlight, medium-strong are less evident.

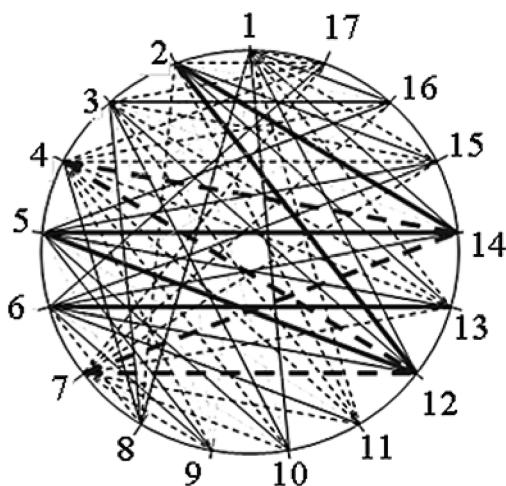


Рисунок 3 – Корреляционная диаграмма связи показателей спектрального анализа ВРС и параметров стабилметрического теста «Устойчивость в позе Ромберга» на 2 ногах в возрасте 7-10 лет у группы ваготонии

Figure 3 – Correlation diagram of relations between indicators of HRV spectral analysis and parameters of «Romberg balance test» with 2 feet together performed by vagotonia group aged 7-10

Примечание: Показатели спектрального анализа вариабельности ритма сердца: 1 – TPms2 (mc2), 2 – VLFms2, 3 – LFms2, 4 – LFn,nu, 5 – HF ms<sup>2</sup>, 6 – HFn>nu, 7 – LF/HF>nu ; Параметры стабилметрических тестов: 8 – длина траектории ЦД по фронтالي (Lx мм) ОТКР.ГЛ., 9 – длина траектории ЦД по фронтали (Lx мм) ЗАКР.ГЛ., 10 – длина траектории ЦД по сагиттали (Ly мм) ОТКР.ГЛ., 11 – длина траектории ЦД по сагиттали (Ly мм) ЗАКР.ГЛ., 12 – средняя скорость перемещения (V мм/сек) ОТКР.ГЛ., 13 – средняя скорость перемещения (V мм/сек) ЗАКР.ГЛ., 14 – скорость изменения площади статокинезиграммы (SV кв.мм/сек) ОТКР.ГЛ., 15 – скорость изменения площади статокинезиграммы (SV кв.мм/сек) ЗАКР.ГЛ., 16 – площадь эллипса (ELLS мм<sup>2</sup>) ОТКР.ГЛ., 17 – Площадь эллипса (ELLS мм<sup>2</sup>) ЗАКР.ГЛ.

Прямые (положительные) корреляционные взаимосвязи – сплошная линия; обратные (отрицательные) – пунктирная; интенсивнее отмечены сильные взаимосвязи, менее проявлены средне-сильные.

Note: Indicators of spectral analysis of heart rate variability: 1 – TPms2 (mc2), 2 – VLFms2, 3 – LFms2, 4 – LFn,nu, 5 – HF ms<sup>2</sup>, 6 – HFn>nu, 7 – LF/HF>nu ; Parameters of stabilometry tests: 8 – center-of-pressure trajectory length in the frontal plane (Lx mm) EYES OPEN, 9 – center-of-pressure trajectory length in the frontal plane (Lx mm) EYES CLOSED, 10 – center-of-pressure trajectory length in the sagittal plane (Ly mm) EYES OPEN, 11 – center-of-pressure trajectory length in the sagittal plane (Ly mm) EYES CLOSED, 12 – average movement speed (V mm/sec) EYES OPEN, 13 – average movement speed (V mm/sec) EYES CLOSED, 14 – statokinesigram area change rate (SV sq. mm/sec) EYES OPEN, 15 – statokinesigram area change rate (SV sq. mm/sec) EYES CLOSED, 16 – area of an ellipse (ELLS mm<sup>2</sup>) EYES OPEN, 17 – area of an ellipse (ELLS mm<sup>2</sup>) EYES CLOSED.

Direct (positive) correlation – solid line; inverse (negative) correlation – dashed line; strong correlations have intense highlight, medium-strong are less evident.

сильных связей соответственно. Чем больше данные показатели, тем напряженнее регуляторные системы.

Для более наглядного представления были построены математические модели, которые демонстрировали характер и количество межсистемных корреляционных связей между показателями спектрального анализа ВРС и параметрами стабилметрического теста «Устойчивость в позе Ромберга», выполненного в трех различных вариантах со зрительным контролем и его ограничением. Ввиду большого количества показателей были отобраны наиболее значимые: TP ms<sup>2</sup>, VLF ms<sup>2</sup>, LF ms<sup>2</sup>, LFn,nu, HF ms<sup>2</sup>, HFn>nu (показатели спектрального анализа вариабельности ритма сердца), а также длина траектории ЦД по фронтали (Lx мм), длина траектории ЦД по

сагиттали (Ly мм), средняя скорость перемещения (V мм/сек), скорость изменения площади статокинезиграммы (SV кв.мм/сек) и площадь эллипса (ELLS мм<sup>2</sup>) (параметры стабилметрических тестов). Данные показатели являются наиболее информативными и несут в себе основную информацию о состоянии вегетативной нервной системы и поструральной системы.

Следует отметить, что прямые (положительные) корреляционные взаимосвязи обозначены на диаграммах сплошной линией, а обратные (отрицательные) – пунктирной. Интенсивность цвета означает силу-слабость связей: интенсивнее отмечены сильные взаимосвязи, менее проявлены средне-сильные. Параметры межсистемных связей – жесткость и плотность – отражают соотношение силь-

ных и средне-сильных связей и количество сильных связей соответственно.

После выполнения теста «Устойчивость в позе Ромберга» на двух ногах у спортсменов-ваготоников независимо от возраста выявлено выраженное напряжение межсистемных отношений, что говорит о высоком напряжении процессов адаптации. Что касается детей с нормотоническим балансом, то в возрасте 7-10 лет и 11-15 лет мы наблюдаем возрастание плотности межсистемных отношений, что, по-видимому, отражает тренированность.

Рассмотрим диаграмму, построенную по результатам выполнения теста «Устойчивость в позе Ромберга» на двух ногах у танцоров группы нормотонии возраста 7-10 лет.

Как можно видеть, связи по данным показателям преобладают средне-сильные и отри-

цательные (всего 6 сильных связей), однако плотность и жесткость невысока. В группе ваготонии (рисунок 3) мы видим совершенно иное: большее количество сильных связей между разными показателями при преобладающем количестве обратных связей. Плотность и жесткость межсистемных связей здесь выше, что может говорить о высоком напряжении процессов адаптации у детей данного типа автономной регуляции сердечного ритма.

Ниже представлена диаграмма, построенная по результатам выполнения теста «Устойчивость в позе Ромберга» на двух ногах у танцоров группы ваготонии возраста 7-10 лет.

В возрасте 11-15 лет, наоборот, большое количество обратных сильных связей наблюдается у ваготоников. Прямых связей в целом мало, а плотность и жесткость относительно невелика.

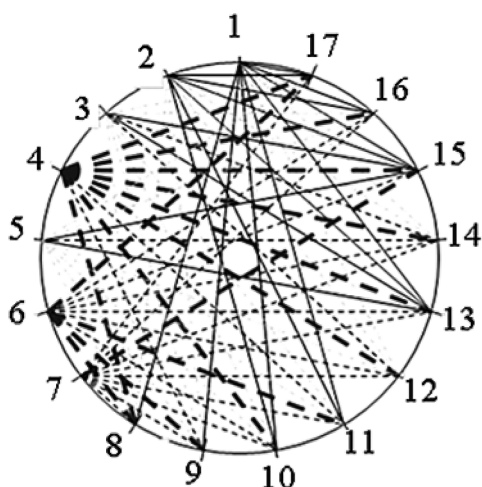


Рисунок 4 – Корреляционная диаграмма связи показателей спектрального анализа ВРС и параметров стабилметрического теста «Устойчивость в позе Ромберга» на 2 ногах в возрасте 11-15 лет у группы ваготонии

Figure 4 – Correlation diagram of relations between indicators of HRV spectral analysis and parameters of «Romberg balance test» with 2 feet together performed by vagotonia group aged 11-15

Примечание: Показатели спектрального анализа variability ритма сердца: 1 – TPms2 (mc2), 2 – VLFms2, 3 – LFms2, 4 – LFn,nu, 5 – HF ms<sup>2</sup>, 6 – HFn>nu, 7 – LF/HF>nu; Параметры стабилметрических тестов: 8 – длина траектории ЦД по фронтالي (Lx мм) ОТКР. ГЛ., 9 – длина траектории ЦД по фронтали (Lx мм) ЗАКР. ГЛ., 10 – длина траектории ЦД по сагиттали (Ly мм) ОТКР. ГЛ., 11 – длина траектории ЦД по сагиттали (Ly мм) ЗАКР. ГЛ., 12 – средняя скорость перемещения (V мм/сек) ОТКР. ГЛ., 13 – средняя скорость перемещения (V мм/сек) ЗАКР. ГЛ., 14 – скорость изменения площади статокинезиграмы (SV кв.мм/сек) ОТКР. ГЛ., 15 – скорость изменения площади статокинезиграмы (SV кв.мм/сек) ЗАКР. ГЛ., 16 – площадь эллипса (ELLS мм<sup>2</sup>) ОТКР. ГЛ., 17 – Площадь эллипса (ELLS мм<sup>2</sup>) ЗАКР. ГЛ.

Прямые (положительные) корреляционные взаимосвязи – сплошная линия; обратные (отрицательные) – пунктирная; интенсивнее отмечены сильные взаимосвязи, менее проявлены средне-сильные.

Note: Indicators of spectral analysis of heart rate variability: 1 – TPms2 (mc2), 2 – VLFms2, 3 – LFms2, 4 – LFn,nu, 5 – HF ms<sup>2</sup>, 6 – HFn>nu, 7 – LF/HF>nu; Parameters of stabilometry tests: 8 – center-of-pressure trajectory length in the frontal plane (Lx mm) EYES OPEN, 9 – center-of-pressure trajectory length in the frontal plane (Lx mm) EYES CLOSED, 10 – center-of-pressure trajectory length in the sagittal plane (Ly mm) EYES OPEN, 11 – center-of-pressure trajectory length in the sagittal plane (Ly mm) EYES CLOSED, 12 – average movement speed (V mm/sec) EYES OPEN, 13 – average movement speed (V mm/sec) EYES CLOSED, 14 – statokinesigram area change rate (SV sq. mm/sec) EYES OPEN, 15 – statokinesigram area change rate (SV sq. mm/sec) EYES CLOSED, 16 – area of an ellipse (ELLS mm<sup>2</sup>) EYES OPEN, 17 – area of an ellipse (ELLS mm<sup>2</sup>) EYES CLOSED.

Direct (positive) correlation – solid line; inverse (negative) correlation – dashed line; strong correlations have intense highlight, medium-strong are less evident.



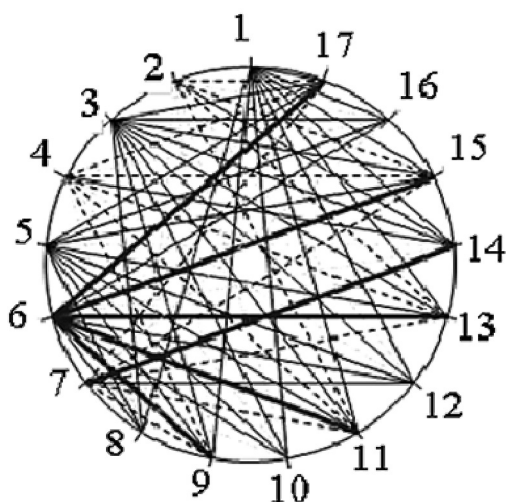


Рисунок 5 – Корреляционная диаграмма связи показателей спектрального анализа ВРС и параметров стабилметрического теста «Устойчивость в позе Ромберга» на 2 ногах в возрасте 11-15 лет у группы нормотонии

Figure 5 – Correlation diagram of relations between indicators of HRV spectral analysis and parameters of «Romberg balance test» with 2 feet together performed by normotonia group aged 11-15

Примечание: Показатели спектрального анализа вариабельности ритма сердца: 1 – TPms2 (мс<sup>2</sup>), 2 – VLFms2, 3 – LFms2, 4 – LFn,nu, 5 – HF ms<sup>2</sup>, 6 – HFn>nu, 7 – LF/HF>nu ; Параметры стабилметрических тестов: 8 – длина траектории ЦД по фронтالي (Lx мм) ОТКР. ГЛ., 9 – длина траектории ЦД по фронтали (Lx мм) ЗАКР. ГЛ., 10 – длина траектории ЦД по сагиттали (Ly мм) ОТКР. ГЛ., 11 – длина траектории ЦД по сагиттали (Ly мм) ЗАКР. ГЛ., 12 – средняя скорость перемещения (V мм/сек) ОТКР. ГЛ., 13 – средняя скорость перемещения (V мм/сек) ЗАКР. ГЛ., 14 – скорость изменения площади статокинезиграммы (SV кв.мм/сек) ОТКР. ГЛ., 15 – скорость изменения площади статокинезиграммы (SV кв.мм/сек) ЗАКР. ГЛ., 16 – площадь эллипса (ELLS мм<sup>2</sup>) ОТКР. ГЛ., 17 – Площадь эллипса (ELLS мм<sup>2</sup>) ЗАКР. ГЛ.

Прямые (положительные) корреляционные взаимосвязи – сплошная линия; обратные (отрицательные) – пунктирная; интенсивнее отмечены сильные взаимосвязи, менее проявлены средне-сильные.

Note: Indicators of spectral analysis of heart rate variability: 1 – TPms2 (mc2), 2 – VLFms2, 3 – LFms2, 4 – LFn,nu, 5 – HF ms<sup>2</sup>, 6 – HFn>nu, 7 – LF/HF>nu ; Parameters of stabilometry tests: 8 – center-of-pressure trajectory length in the frontal plane (Lx mm) EYES OPEN, 9 – center-of-pressure trajectory length in the frontal plane (Lx mm) EYES CLOSED, 10 – center-of-pressure trajectory length in the sagittal plane (Ly mm) EYES OPEN, 11 – center-of-pressure trajectory length in the sagittal plane (Ly mm) EYES CLOSED, 12 – average movement speed (V mm/sec) EYES OPEN, 13 – average movement speed (V mm/sec) EYES CLOSED, 14 – statokinesigram area change rate (SV sq. mm/sec) EYES OPEN, 15 – statokinesigram area change rate (SV sq. mm/sec) EYES CLOSED, 16 – area of an ellipse (ELLS mm<sup>2</sup>) EYES OPEN, 17 – area of an ellipse (ELLS mm<sup>2</sup>) EYES CLOSED.

Direct (positive) correlation – solid line; inverse (negative) correlation – dashed line; strong correlations have intense highlight, medium-strong are less evident.

На рисунке 4 представлена диаграмма, построенная по результатам выполнения теста «Устойчивость в позе Ромберга» на двух ногах у танцоров группы ваготонии возраста 11-15 лет.

Рассмотрим диаграмму, построенную по результатам выполнения теста «Устойчивость в позе Ромберга» на двух ногах у танцоров группы нормотонии возраста 11-15 лет. Здесь мы можем видеть большое количество средне-сильных связей, сильных между данными показателями всего 6 (рисунок 5).

По мнению ряда авторов, высокая плотность межсистемных отношений отражает формирование у спортсменов «феномена мобилизации», что связано с формированием тренированности, большого набора полезных

динамических стереотипов танцевального характера и развитие физических качеств под влиянием специфической физической нагрузки при большом стаже занятий. Как правило, танцоры, имеющие подобные характеристики по данным физиологического тестирования, имеют высокие спортивные результаты в соревнованиях.

## ВЫВОДЫ

1. При занятиях спортивными балльными танцами очень важно оценивать функцию равновесия и индивидуализацию подготовки юных танцоров, направленную на развитие их координационных способностей. Физиологическим методом, позволяющим проводить такую оценку, является стабилметрия, с

помощью которой возможно проводить ряд тестов со зрительным контролем и его ограничением. Важным критерием, отражающим адаптивные возможности юных танцоров, является вегетативная реактивность, которую позволяет оценить метод спироартериокардиоритмографии, проведенный до и после выполнения стабилметрических тестов.

2. Независимо от возраста, наибольшие изменения отмечены в спектрах вариабельности ритмов сердца и дыхания. Наибольшие изменения вегетативной реактивности отмечены в период пубертата в пробах «Устойчивость в позе Ромберга» на двух ногах и отдельно на правой и на левой ноге. Возможно, на фоне изменения гормонального фона в организме

юных танцоров происходят выраженные изменения вегетативного баланса и волновой структуры спектров вариабельности ритмов сердца, систолического, диастолического артериального давления и дыхания, что выражается временным ухудшением функции равновесия и может приводить к снижению спортивных результатов в период пубертата.

3. Плотность и жесткость взаимодействия системы автономной нервной регуляции и параметров стабилметрического тестирования отражают характер напряжения межсистемных взаимоотношений в организме юных танцоров при выполнении координационной нагрузки. Наибольшее напряжение отмечено у детей 7-10 лет в группе ваготонии.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Баевский, Р. М. Анализ вариабельности сердечного ритма при использовании различных электрокардиографических систем (методические рекомендации) / Р. М. Баевский, Г. Г. Иванов, А. В. Чирейкин и др. // Вестник аритмологии. – 2001. – № 24. – С. 65-87.
2. Болобан, В. Н. Критерии оценки статодинамической устойчивости тела спортсмена и системы тел в видах спорта, сложных по координации / В. Н. Болобан, Ю. В. Литвиненко, А. П. Оцупок // Физическое воспитание студентов. – 2012. – С. 17-24.
3. Захарьева, Н. Н. Возрастная физиология спорта [монография] / Н. Н. Захарьева. – М.: Чеховский печатный двор, 2016. – 405 с.
4. Захарьева, Н. Н. Значение характеристик спектрального анализа и психофизиологических реакций легкоатлетов с различной спортивной результативностью / Н. Н. Захарьева, Т. С. Иванова // V Всероссийская, с международным участием, конференция «Управление движением» 5th National Conference on Motor Control, 2014. – С. 28.
5. Кайгородцева, С. А. Объективная оценка функции постуральной системы. Клинические рекомендации / С. А. Кайгородцева, И. Ф. Садыков, С. С. Гроховский. – 2016. – 36 с.
6. Шлык, Н. И. Ритм сердца и тип вегетативной регуляции у спортсменок в беге на средние дистанции в тренировочном процессе / Н. И. Шлык // Физкультура в профилактике, лечении и реабилитации. – 2010. – № 3-4. – С. 17-23.

## REFERENCES

1. Baevskii R.M., Ivanov G.G., Chireikin A.V., etc. The analysis of heart rate variability when using various electrocardiographic systems (methodical recommendations). Bulletin of arrhythmology [Vestnik aritmologii], 2001, no. 24, pp. 65-87. (in Russ.)
2. Boloban V.N., Litvinenko Iu.V., Otsupok A.P. Criteria for evaluation of stato-dynamic stability of athlete's body and the system of bodies in sports with complicated coordination. Fizicheskoe vospitanie studentov [Physical training of students], 2012, pp. 17-24. (in Russ.)

7. Шестаков, М. П. Использование стабилметрии: [монография] / М. П. Шестаков. – М.: ТВТ Дивизион, 2007. – 106 с.
8. Ястребцева, И. П. Нарушения постурального баланса при инсульте: принципы диагностики и коррекции / И. П. Ястребцева, А. Е. Новикова // Вестник Ивановской медицинской академии. – 17.4 (2012). – С. 69-70.
9. Berg, K.O, Wood-Dauphinee, S.L, Williams, J.I., Maki, B. Measuring balance in the elderly: validation no fan instrument. Can J Public Health 1992; 83 Suppl 2: S7-11.
10. Ernst, G. Heart-Rate Variability—More than Heart Beats? Frontiers in public health. 2017, vol. 5, 240 p.
11. Hsu, Y.S., Kuan, C.C., Young, Y.H. Assessing the development of balance function in children using stabilometry. International journal of pediatric otorhinolaryngology. 2009. vol. 73, no. 5, pp. 737-740.
12. Verbecque, E., Vereeck, L., Hallemans, A. Postural sway in children: A literature review. Gait & posture. 2016, no. 49, pp. 402-410.
13. McCabe, T.R. et al. A bibliographic review of medicine and science research in dancesport. Med Probl Perform Art. – 2013, vol. 28, no. 2. – P. 70-79.
14. Van De Borne, P. et al. Importance of ventilation in modulating interaction between sympathetic drive and cardiovascular variability. American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology. 2001, vol. 280, vol. 2, pp. 722-729.
3. Zakhareva N.N. Age-related physiology of sport [monograph]. Moscow, Chekhovskii pechatnyi dvor Publ., 2016, 405 p.
4. Zakhareva N.N., Ivanova T.S. Value of characteristics of spectral analysis and psychophysiological reactions of athletes with various sport performance. 5th National Conference on Motor Control, 2014, P. 28. (in Russ.)
5. Kaigorodtseva S.A., Sadykov I.F., Grokhovskii S.S. Objective assessment of the postural system function. Clinical recommendations, 2016, 36 p.

6. Shlyk N.I. Heart rate and the type of vegetative regulation of female athletes during middle distance run within training process. Physical culture for prevention, treatment and rehabilitation, 2010, no. 3-4, pp. 17-23. (in Russ.)
7. Shestakov M.P. The use of stabilometry: [monograph]. TVT Division Publ., 2007, 106 p.
8. Iastrebtseva I.P., Novikova, A.E. Disorders of postural balance after stroke: principles of diagnostics and correction. Vestnik Ivanovskoi meditsinskoi akademii [Bulletin of the Ivanovo medical academy], 2012 17.4, pp. 69-70. (in Russ.)
9. Berg K.O., Wood-Dauphinee S.L., Williams J.I., Maki B. Measuring balance in the elderly: validation of a instrument. Can J Public Health 1992, 83 Suppl 2, pp. 7-11.
10. Ernst G. Heart-Rate Variability—More than Heart Beats? Frontiers in public health, 2017, Vol. 5, p. 240.
11. Hsu Y.S., Kuan C.C., Young Y.H. Assessing the development of balance function in children using stabilometry. International journal of pediatric otorhinolaryngology, 2009, vol. 73, no. 5, pp. 737-740.
12. Verbecque E., Vereeck L., Hallemans A. Postural sway in children: A literature review. Gait & posture, 2016, vol. 49, pp. 402-410.
13. McCabe T.R. et al. A bibliographic review of medicine and science research in dance sport. Med Probl Perform Art, 2013, vol. 28, no. 2, pp. 70-79.
14. Van De Borne P. et al. Importance of ventilation in modulating interaction between sympathetic drive and cardiovascular variability. American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology, 2001, vol. 280, no. 2, pp. 722-729.

#### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Захарьева Наталья Николаевна (Zakhareva Natalia Nikolaevna) – доктор медицинских наук, профессор кафедры физиологии, руководитель Центра спортивной медицины НИИ спорта и спортивной медицины РГУФКСМиТ (ГЦОЛИФК); Российский государственный университет физической культуры, спорта, молодежи и туризма (ГЦОЛИФК); 105122, г. Москва, Сиреневый бульвар, д. 4; e-mail: zakharyeva.natalia@mail.ru; ORCID: 0000-0002-6853-2711.

Малиева Елена Игоревна (Malieva Elena Igorevna) – аспирант кафедры физиологии; сотрудник Центра спортивной медицины спорта и спортивной медицины РГУФКСМиТ (ГЦОЛИФК); Российский государственный университет физической культуры, спорта, молодежи и туризма (ГЦОЛИФК); 105122, г. Москва, Сиреневый бульвар, д. 4; e-mail: elena.malieva13@gmail.com; ORCID: 0000-0001-8692-2919.

#### ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Захарьева, Н.Н. Изменения вегетативного баланса при выполнении стабилметрических тестов юными танцорами / Н.Н. Захарьева, Е.И. Малиева // Наука и спорт: современные тенденции. – 2019. – Т. 7, № 2. – С. 52-62

#### FOR CITATION

Zakhareva N.N., Malieva E.I. Changes in vegetative balance of young dancers taking stabilometry tests. Science and sport: current trends, 2019, vol. 7, no. 2, pp. 52-62 (in Russ.)