

УДК 612.213

ОЦЕНКА РЕАКТИВНОСТИ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ СПОРТСМЕНОВ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ТЕСТОВ С РЕГУЛИРУЕМЫМ ДЫХАНИЕМ

Романчук А.П.

ГУ «Южно-украинский национальный педагогический университет им. К.Д.
Ушинского», Одесса, Украина (65020, Украина, Одесса, ул. Старопортофранковская,
26), e-mail: doclfc@ua.fm

Проведен анализ изменений показателей variability сердечного ритма, систолического и диастолического артериального давления, дыхания в состоянии покоя и при проведении тестов с регулируемым дыханием 6 и 15 раз в минуту, имеющего вегетотропное влияние. Рассчитанные ранее перцентильные диапазоны распределения показателей variability перечисленных функций при спонтанном и регулируемом дыхании позволили установить отличия в диапазоне 25-75% встречаемости. Показано, что регулируемое дыхание 6 и 15 раз/мин активизирует различные регуляторные звенья системной гемодинамики: при дыхании 6 раз/мин отмечается увеличение низкочастотной компоненты регуляции дыхания переносится на низкочастотную компоненту регуляции сердечного ритма, систолического и диастолического давления, а снижение высокочастотной компоненты регуляции дыхания практически не влияет на высокочастотную компоненту variability сердечного ритма, систолического и диастолического давления; при дыхании 15 раз/мин отмечается незначительное увеличение низкочастотной компоненты регуляции дыхания, которое практически не влияет на низкочастотную компоненту регуляции систолического и диастолического давления и приводит к снижению низкочастотной компоненты регуляции сердечного ритма, а существенное увеличение высокочастотной компоненты регуляции дыхания переносится на высокочастотные компоненты регуляции систолического и диастолического давления и практически не влияет на высокочастотную компоненту variability сердечного ритма. Учитывая простоту и экспрессность проведения тестов, полученные данные могут быть использованы для комплексной оценки реактивности и депрессорных сдвигов активности симпатического и парасимпатического отделов ВНС в регуляции кардиореспираторной системы, используемых с целью диагностики функциональной готовности организма в условиях учебно-тренировочного и соревновательного процессов.

Ключевые слова: variability сердечного ритма, variability артериального давления, регулируемое дыхание, спортсмены.

ESTIMATION OF CARDIOVASCULAR SYSTEM REACTANCE OF SPORTSMEN AT USE OF TESTS WITH CONTROLLED RESPIRATION

Romanchuk A.P.

Southukrainian national pedagogical university n.a. K.D.Ushinsky, Odessa, Ukraine (65020,
Ukraine, Odessa, Staroportofrankovska str. 26), e-mail: doclfc@ua.fm

The analysis of changes of indicators of variability of a heart rate, systolic and diastolic blood pressure, breath in a condition of rest is carried out and at carrying out of tests with controlled respiration of 6 and 15 times in a minute, having vegetotrophy influence. Calculated earlier centile distribution of distribution of indicators of variability of the listed functions at spontaneous and adjustable breath have allowed to establish differences in a range of 25-75 % of occurrence. In whole, we can state that controlled respiratory 6 and 15 per time enable activation of various control links of system haemodynamics: at respiratory 6 per time – increase of LF-components of respiration control is transferred onto the LF-component of HR, SBP and DBP control, and the

decrease of HF-components of respiration control practically does not effect the HF-components of HRV, SBPV and DBPV; at respiratory 15 per time – insignificant increase of LF-components of respiration control practically does not make any effect on LF-components of SBP and DBP control and reduces the LF-component of HR control, and significant increase of HF-components of respiration control is transferred onto HF-components of SBP and DBP control and practically does not make any effect on the HF-component of HRV. Thus, considering simplicity and rapidity of test performance, the data obtained can be used for a complex estimation of reactivity and depressive shifts of ANS sympathetic and parasympathetic part activities in cardio-respiratory system control, which are used for diagnostics of functional readiness of the body under conditions of learning and training and competitive processes.

Key words: heart rate variability, blood pressure variability, controlled respiration, sportsmen.

© The Author(s) 2013;

This article is published with open access at Licensee Open Journal Systems of Radom University in Radom, Poland

Введение.

В диагностике нарушений регуляции систем организма важнейшее место занимает функциональное состояние ВНС. Сегодня хорошо известно, что статические и волновые характеристики сердечного ритма (СР) в покое позволяют определить активность симпатического и парасимпатического каналов регуляции, а проведение функциональных проб дает возможность получить важнейшую информацию о вегетативном обеспечении и вегетативной реактивности. Под влиянием различных проб происходит перестройка регуляции с формированием нового функционального состояния, которое не является устойчивым, а обусловлено ежеминутными потребностями [2].

При оценке показателей variability сердечного ритма (BCP) на всех этапах выполнения функциональных проб рекомендуется учитывать не только средние значения параметров, но и динамику их изменений [2]. Критерием хорошей переносимости тестов принято считать снижение показателя LF при увеличении HF.

В имеющейся литературе предлагается использовать для оценки состояния кардиореспираторной системы два стандартных кардиоваскулярных теста (по D. Ewing, 1985), которые позволяют оценить активность парасимпатического (ЧД 6 в минуту) и симпатического (ортостатическая проба) контуров регуляции [3].

Считается, что проба с регулируемым дыханием 6 раз/мин направлена на выявление нарушений в парасимпатическом контуре регуляции, так как некоторыми авторами было установлено, что влияние дыхания распространяется на колебания СР, определяемые как HF колебания, и обусловлено общими механизмами регуляции сердечно-сосудистой и дыхательной систем.

Однако единого мнения о трактовке результатов данного теста нет. Анализ многочисленных исследований позволяет говорить о существовании нескольких типов ответа:

- а) «рассогласования или ригидности» по симпатическому или парасимпатическому каналу;
- б) перераспределение баланса в сторону парасимпатикотонии за счет увеличения HF [11];
- в) перераспределение баланса в сторону симпатикотонии при увеличении не только HF, но и LF [8].

Некоторыми авторами показано, что патологические реакции на пробу с регулируемым дыханием 6 раз/мин (РД₆), свидетельствующие о вегетативной дисфункции, выявляются у 62% больных вегето-сосудистой дистонией. При этом считается, что реакция СР определяется гиперкапнией [13], изменением легочных объемов, функциональной перестройкой кардиореспираторных нейронов ЦНС [9, 19]. К сожалению, в доступной литературе данных относительно применения других проб с управляемым режимом дыхания, и в частности с РД 12, 15 в минуту недостаточно. Однако можно предположить, что они так же, как и проба с РД₆ обладает вегетотропностью, характер которой требует уточнения.

Подходы к анализу, оценке и интерпретации показателей variability функций сердечно-сосудистой системы связаны с определением спектральной мощности variability функций и предполагают расчет показателей в различных частотных диапазонах, характеризующих, по мнению многих исследователей, активность регуляторных влияний различных составляющих вегетативной нервной системы. В диапазоне менее 0,04 Гц (сверхнизкочастотный компонент) – надсегментарные влияния, в диапазоне от 0,04 до 0,15 Гц (низкочастотный компонент) – симпатические влияния, в диапазоне от 0,15 до 0,4 Гц (высокочастотный компонент) – парасимпатические влияния. Традиционно эти показатели представляются в мс^2 – для ВСП, в мм рт.ст.^2 – для variability систолического (ВСД) и диастолического (ВДД) давления и в л/мин^2 – для variability спонтанного дыхания (Вдых) (рис. 1-3).

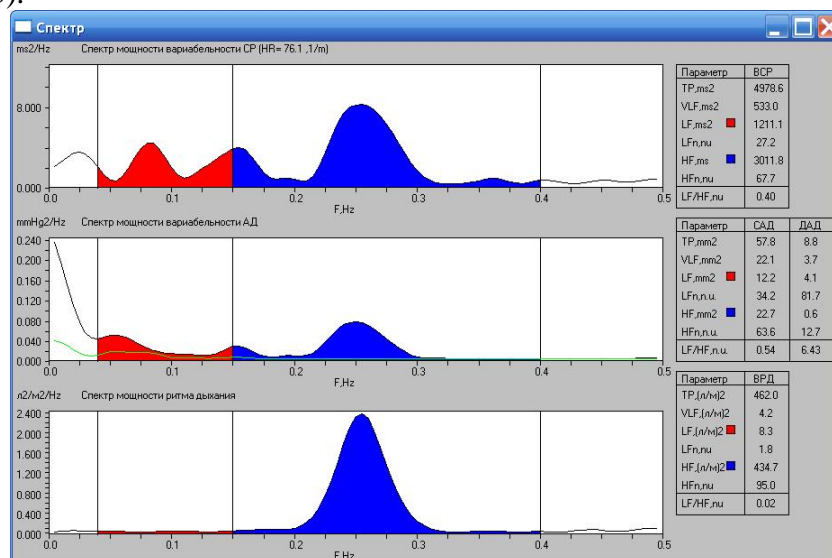


Рис. 1. Графическое изображение спектральных мощностей variability СР, СД, ДД и дыхания у спортсмена К. в состоянии покоя при спонтанном дыхании.

Многолетнее использование нами данной методики показал достаточно высокую информативность в оценке функционального состояния кардиореспираторной системы, однако у квалифицированных спортсменов для адекватной оценки обязательным условием является учет частоты дыхания [4, 5], которая существенно влияет на спектральную мощность variability функций сердечно-сосудистой системы. В качестве примера продемонстрируем отличия спектров преобразования Фурье изучаемых функций измеренные у одного и того же испытуемого при спонтанном дыхании (Рис. 1), регулируемом дыхании с частотой 6 раз в минуту (Рис. 2) и 15 раз в минуту (Рис. 3), далее РД₆ и РД₁₅, соответственно. В более ранних исследованиях нами было показано, что в диапазоне от 6 до 10 дыханий в минуту отмечается обратнопропорциональная зависимость между РД и показателями ВСП и ВСД [6], а при РД₁₅ ВСП, ВСД и ВДД стабилизируются.

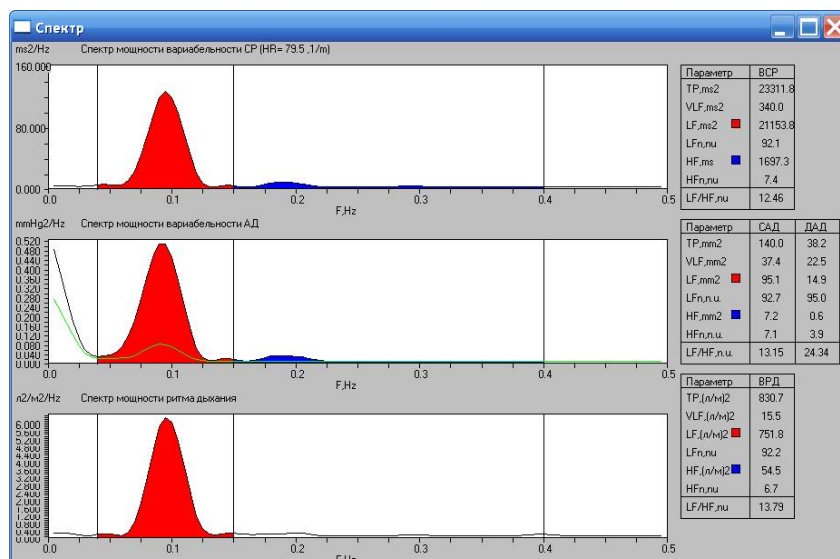


Рис.2. Графическое изображение спектральных мощностей variability CP, CD, DD и дыхания у спортсмена К. в состоянии покоя при РД₆.

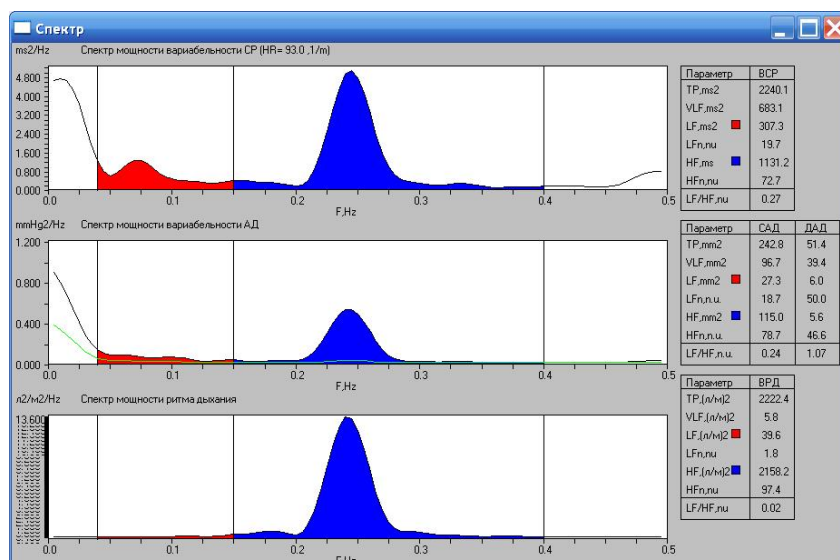


Рис. 3. Графическое изображение спектральных мощностей variability CP, CD, DD и дыхания у спортсмена К. в состоянии покоя при РД₁₅.

Даже при поверхностном просмотре рис. 1-3 видно, что влияние РД₆ и РД₁₅ на variability функций сердечно-сосудистой системы существенно отличается. При РД₆ существенно преобладает LF-компонента, а при РД₁₅ – HF-компонента.

Именно данное обстоятельство позволило нам разработать протокол обследования, включающий три последовательных двухминутных измерения на приборе САКР с последующим анализом отдельных составляющих спектральной мощности ВСР, ВСД и ВДД, а также спонтанного и регулируемого дыхания по разработанным центильным таблицам [6], диапазоны которых существенно отличаются. С использованием предложенного протокола были обследованы 1360 квалифицированных спортсменов.

Результаты исследования. В первую очередь показано, что показатель TP характеризующий общую мощность ВСР и отражающий общее состояние регулирующей функции ВНС [14] свидетельствует в состоянии покоя о существенном расширении и увеличении срединного диапазона у квалифицированных спортсменов в сравнении с популяцией. Последнее характеризует особенности перестроек вегетативного обеспечения сердечной деятельности при интенсивных занятиях спортом, а также повышение ее

функционального резерва. В представленных выше рисунках (1-3) достаточно четко визуализируется модулирующее влияние РД на спектральные характеристики ВСР, что в свою очередь находит отражение в распределении показателей общей мощности спектра. Так, при РД₆ отмечается выраженная активация регуляторных влияний на СР, и медианная зона центильного распределения существенно сдвигается, увеличивая абсолютные значения практически в два раза. В тоже время при РД₁₅ отмечается незначительное снижение данного показателя.

Анализируя изменения других параметров ВСР следует отметить, что наименее варьированной является надсегментарная (VLF) компонента, которая в границах медианных значений центильного распределения является наиболее выраженной при РД₆, а наименее – при спонтанном дыхании. Такая тенденция наблюдается во всех определяемых центильных диапазонах, что позволяет охарактеризовать ее как достоверную. Наименее подвержен влияниям РД показатель высокочастотной (HF) компоненты ВСР, который является стабильным при всех вариантах протокола обследования. Наиболее вариативной спектральной характеристикой ВСР является низкочастотная компонента (LF), которая при РД₆ существенно (более, чем в 3 раза) увеличивается, а при РД₁₅ умеренно (в 1,5 раза) снижается во всех центильных диапазонах. Соответственно соотношение данных характеристик (LF/HF), рассчитываемое в традиционном виде для РД₆ увеличивается в 9-11 раз, а для РД₁₅ уменьшается в 2 раза.

В данном случае при совместной оценке ВСР по данным разработанного нами протокола исследования возможна объективизация реактивности и депрессии симпатических влияний с учетом переходов ТР между различными центильными диапазонами. Например, при переходе из медианного диапазона (25-75%) в диапазон повышенного центиля (75-95%) при выполнении теста с РД₆ можно констатировать повышенную реактивность симпатического контура регуляции СР, а при переходе в тот же диапазон при выполнении теста с РД₁₅ можно констатировать недостаточную депрессию симпатических влияний и т.д.

Таблица 1

Направленность сдвигов параметров ВСР у квалифицированных спортсменов в диапазоне 25-75% встречаемости при регулируемом дыхании в сравнении со спонтанным дыханием

Параметр	РД ₆	РД ₁₅
ТР, мс	↑ в 1,7 – 2,0 раз	≈
VLF, мс	≈	≈
LF, мс	↑ в 2,8 – 3,6 раз	↓ в 1,4 – 1,6 раз
HF, мс	≈	≈
LFHF, мс ² /мс ²	↑ в 8,6 – 11,0 раз	↓ в 1,8 – 2,0 раз

В целом, влияние РД₆ и РД₁₅ на ВСР существенно отличается за счет активирующего влияния РД₆ на LF-компонент и депрессорного влияния РД₁₅ на LF-компонент, что отражается на показателях ТР и соотношении LF/HF. При этом VLF и HF компоненты практически не изменяются.

Показатели ТР_{СД} и ТР_{ДД} характеризуют общую мощность спектра вариабельности СД и ДД, соответственно. Эти показатели отражают взаимодействие различных регуляторных процессов, в том числе автономной нервной системы в обеспечении АД. Показатель ТР_{СД} больше связан с вариабельностью насосной функции сердца, обеспечивающей величину СД, а показатель ТР_{ДД} – с регуляцией и подстройкой тонуса сосудов, их жесткостью, обеспечивающих величину ДД. Показательным является изменение ТР_{СД} и ТР_{ДД} при РД. При РД₆ вариабельность СД увеличивается приблизительно в 1,5 раза в сравнении со спонтанным дыханием, а при РД₁₅ – в 1,7-2 раза в различных диапазонах. При этом вариабельность ДД при РД₁₅ увеличивается в 1,5 раза, а при РД₆ – в 1,7-2 раза в различных диапазонах. Т.е. можно констатировать, что РД₆ и РД₁₅ по разному влияют на вегетативное обеспечение АД.

Дополняют полученные данные результаты анализа других компонентов ВСД и ВДД. Аналогично ТР_{СД} изменяется сверхнизкочастотная (VLF_{СД}) компонента вариабельности СД

(табл.), что позволяет связать увеличение TP_{CD} при $РД_6$ и $РД_{15}$ с надсегментарными влияниями на насосную функцию сердца. Практически также изменяется сверхнизкочастотная (VLF_{DD}) компонента ВДД.

Существенные отличия наблюдаются при анализе низкочастотных (LF_{CD} и LF_{DD}) и высокочастотных (HF_{CD} и HF_{DD}) компонентов ВСД и ВДД при различной ЧД. В несколько раз увеличивается LF-компонента регуляции СД и ДД при $РД_6$, в то же время при $РД_{15}$ она в сравнении со спонтанным дыханием практически не изменяется. Это свидетельствует о том, что в первом случае симпатические механизмы регуляции выражено активизируются, а во втором – они остаются интактными. HF-компонента регуляции СД и ДД при $РД_6$ изменяется незначительно – отмечается тенденция к небольшому снижению влияний на СД и к такому же увеличению влияний на ДД. При $РД_{15}$ влияния HF-компоненты на СД и ДД связаны с относительным повышением ее вклада в регуляцию насосной функции миокарда так и сосудистого тонуса. Т.е., можно предположить, что $РД_{15}$ активизирует ваготонические механизмы регуляции последних, которые чаще связывают с HF влияниями.

Анализ соотношения LF и HF компонент регуляции СД и ДД подтверждает, что влияние $РД_6$ является существенным как на СД так и на ДД и направленным в сторону увеличения, а $РД_{15}$ – менее выраженным и направленным в сторону снижения. Аналогичная направленность регуляторной активности, хотя и менее выраженная, отмечается со стороны барорецепторной чувствительности (ABR).

Таким образом, обследование в рамках предложенного протокола с оценкой по разработанным перцентильным таблицам позволяет определить уровень активизации общих (TP), надсегментарных (VLF), симпатических (LF) и парасимпатических (HF) влияний на СД и ДД в сравнении с ожидаемыми, что существенно объективизирует состояние автономной регуляции системы поддержания АД.

Анализ изменчивости сдвигов показателей ВСД и ВДД показал (табл. 2), что $РД_6$ более существенно увеличивает показатель TP_{DD} и LF-компоненты регуляции СД и ДД. В то же время при $РД_{15}$ отмечается более существенное увеличение показателя TP_{CD} , VLF-компоненты регуляции СД и ДД, а также практически отсутствие влияния на LF-компоненты регуляции СД и ДД. Значимыми являются отличия изменений HF-компоненты регуляции СД и ДД, которые при $РД_6$ изменяются в сравнении со спонтанным дыханием незначительно (в 1,2 раза). Для СД – в сторону увеличения, для ДД – в сторону снижения. При этом $РД_{15}$ способствует увеличению HF-компонентов регуляции СД и ДД в 1,4 – 2,3 раза. В конечном итоге эти изменения отображаются на показателях соотношения LF/HF, которые при $РД_6$ существенно увеличиваются, а при $РД_{15}$ существенно снижаются, что безусловно следует учитывать при их оценке.

Таблица 2

Направленность сдвигов параметров ВСД, ВДД и ABR у квалифицированных спортсменов в диапазоне 25-75% встречаемости при управляемом дыхании в сравнении со спонтанным дыханием

Параметр	$РД_6$	$РД_{15}$
$TP_{CD}, мм \text{ рт.ст}$	↑ в 1,5 – 1,7 раз	↑ в 1,8 – 2,0 раз
$TP_{DD}, мм \text{ рт.ст}$	↑ в 1,7 – 2,0 раз	↑ в 1,4 – 1,5 раз
$VLF_{CD}, мм \text{ рт.ст}$	↑ в 1,3 – 1,5 раз	↑ в 1,9 – 2,3 раз
$VLF_{DD}, мм \text{ рт.ст}$	↑ в 1,2 – 1,4 раз	↑ в 1,4 – 1,7 раз
$LF_{CD}, мм \text{ рт.ст}$	↑ в 1,9 – 2,0 раз	≈
$LF_{DD}, мм \text{ рт.ст}$	↑ в 2,3 – 2,8 раз	≈
$HF_{CD}, мм \text{ рт.ст}$	↓ в 1,2 раз	↑ в 1,9 – 2,3 раз
$HF_{DD}, мм \text{ рт.ст}$	↑ в 1,2 раз	↑ в 1,4 – 1,8 раз
$LFHF_{CD}, мм \text{ рт.ст}^2 / мм \text{ рт.ст}^2$	↑ в 5,1 – 5,2 раз	↓ в 3,3 – 4,2 раз
$LFHF_{DD}, мм \text{ рт.ст}^2 / мм \text{ рт.ст}^2$	↑ в 3,8 – 4,2 раз	↓ в 1,8 – 2,0 раз
$ABR, мс^2 / мм \text{ рт.ст}^2$	↑ в 1,4 – 1,5 раз	↓ в 1,7 – 1,9 раз

Последнее также касается барорецепторной чувствительности, которая при РД₆ увеличивается, а при РД₁₅ – существенно уменьшается.

Таблица 3

Направленность сдвигов параметров variability дыхания у квалифицированных спортсменов в диапазоне 25-75% встречаемости в сравнении со спонтанным дыханием

Параметр	РД ₆	РД ₁₅
TR _{дых} , л/мин	↑ в 1,2 – 1,3 раз	↑ в 1,4 – 2,2 раз
VLF _{дых} , л/мин	↑ в 1,7 – 1,9 раз	↑ в 1,4 – 1,7 раз
LF _{дых} , л/мин	↑ в 4,8 – 6,3 раз	↑ в 1,2 раз
HF _{дых} , л/мин	↓ в 1,6 – 1,8 раз	↑ в 1,6 – 2,3 раз
LFHF _{дых} , (л/мин) ² /(л/мин) ²	↑ в 48,1 – 101,1 раз	↓ в 1,6 – 5,5 раз

Исследуя параметры variability функций кардиореспираторной системы, которые, как известно, характеризуют механизмы вегетативного обеспечения, нами ранее были получены результаты, свидетельствующие о влиянии частотно-объемных характеристик дыхания на variability функции СР и АД, изменяющихся при мышечной активности, влиянии внешней температуры, соответствующих сигналов из внешней среды, эмоционального состояния и др. [1, 15, 16]

Особенно актуальным с этих позиций является тот факт, что изменение механизма регуляции дыхания может приводить к различным отклонениям гомеостаза, связанным с изменением обменно-метаболического и кислотно-щелочного баланса организма [18], или быть следствием последних [9,12].

Анализируя параметры Вдых (табл.3) при выполнении тестов с РД в сравнении со спонтанным дыханием следует отметить, что РД₆ существенно повышает LF-компонент и снижает HF-компонент, а РД₁₅ – незначительно влияет на LF-компонент и существенно повышает HF-компонент спектральной мощности дыхания, что отображается на показателях соотношения LF и HF-компонентов.

В целом можно отметить, что РД₆ и РД₁₅ активизирует различные регуляторные звенья системной гемодинамики: при РД₆ – увеличение LF-компоненты регуляции дыхания переносится на LF-компоненту регуляции СР, СД и ДД, а снижение HF-компоненты регуляции дыхания практически не влияет на HF-компоненты ВСР, ВСД и ВДД; при РД₁₅ – незначительное увеличение LF-компоненты регуляции дыхания практически не влияет на LF-компоненты регуляции СД и ДД и снижает LF-компоненту регуляции СР, а существенное увеличение HF-компоненты регуляции дыхания переносится на HF-компоненты регуляции СД и ДД и практически не влияет на HF-компоненту ВСР.

Таким образом, учитывая простоту и экспрессность проведения тестов, полученные данные могут быть использованы для комплексной оценки реактивности и депрессорных сдвигов активности симпатического и парасимпатического отделов ВНС в регуляции кардиореспираторной системы, используемых с целью диагностики функциональной готовности организма в условиях учебно-тренировочного и соревновательного процессов.

Open Access

This article is distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Noncommercial License which permits any noncommercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author(s) and source are credited.

Список литературы

1. Атаханов Щ.Э., Робертсон Д. Ортостатическая гипотония и вегетативная недостаточность (механизмы и классификации) //Кардиология. – 1995. – № 3, – С. 41 – 50.
2. Баевский Р.М., Мотылянская Р.Е. Ритм сердца у спортсменов. – М.: ФиС, 1986. – 142 с.
3. Вегетативные расстройства: Клиника, лечение, диагностика /Под ред. А.М. Вейна. – М.: Мединформ, 2000. – 752 с.
4. Романчук А.П. Роль частоты спонтанного дыхания в поддержании систолического давления (на примере обследования высококвалифицированных спортсменов) // Современные наукоёмкие технологии. - №6. – 2005. – С.49-52.
5. Романчук О.П. До питання оцінки активності вегетативної нервової системи у спортсменів // Медична реабілітація, курортологія, фізіотерапія. - №4. – 2005. – С. 31-34.
6. Романчук А.П. Комплексный подход к диагностике состояния кардиореспираторной системы у спортсменов: Монография / А.П. Романчук, Л. А. Носкин, В. В. Пивоваров, М. Ю. Карганов. – Одесса: Феникс. – 2011. – 256 с.
7. Aguirre A, Wodicka GR, Maayan C, Shannon DC Interaction between respiratory and RR interval oscillations at low frequencies. J Auton Nerv Syst; 1990. – 29:241–246.
8. Akselrod S Components of heart rate variability. Heart rate variability. - N. Y.: Armonk. - 1995
9. Andreas S, Hajak G, von Breska B, Rüther E, Kreuzer H Changes in heart rate during obstructive sleep apnoea. Eur Respir J. 1992. Jul;5(7):853-7.
10. Cooke WH, Cox JF, Diedrich AM, Taylor JA, Beightol LA, et al Controlled breathing protocols probe human autonomic cardiovascular rhythms. Am J Physiol; 1998. 274:H709-H718.
11. Hirsch JA, Bishop B Respiratory sinus arrhythmia in humans: how breathing pattern modulates heart rate. Am J Physiol. 1981. Oct;241(4):H620-9.
12. Iellamo F, Legramante JM, Massaro M, Raimondi G, Galante A Effects of a Residential Exercise Training on Baroreflex Sensitivity and Heart Rate Variability in Patients With Coronary Artery Disease. Circulation; 2000. 102:2588-2592.
13. Lin YC, Shida KK, Hong SK Effects of hypercapnia, hypoxia, and rebreathing on heart rate response during apnea. J Appl Physiol. 1983. - Jan;54(1):166-71.
14. Malliani A, Lombardi P, Pagani M Power spectrum analysis of heart rate variability: a tool to explore neural regulatory mechanisms. Br Heart J; 1994. - 71:1–2
15. Preas II HL, Jubran A, Vandivier RW, Reda D, Godin PJ, et al Effect of Endotoxin on Ventilation and Breath Variability. Am J Respir Crit Care Med; 2001. 164:620-626.
16. Robertson D Mechanisms of orthostatic hypotension. Curr Cardiol. 1993. - 8:737-745.
17. Thierry B, Liang P, Robbins PA Breath-to-breath relationships between respiratory cycle variables in humans at fixed end-tidal PCO₂ and PO₂. J Appl Physiol 1996. 81(5):2287-2296.

18. Van der Palen J, Rea TD, Manolio TA, Lumley T, Newman AB, et al Respiratory muscle strength and the risk of incident cardiovascular events. *Thorax*; 2004. 59: 1063-1067.
19. Voronin IM, Belov AM Pathophysiology of cardiovascular disorders in obstructive respiratory distress during sleep. *Klin Med (Mosk)*; 2000. 78(12):9-14.

References

1. Atahanov Sch.`E., Robertson D. Ortostaticheskaya gipotoniya i vegetativnaya nedostatochnost' (mekhanizmy i klassifikacii) // *Kardiologiya*. - 1995. - № 3, - S. 41 - 50.
2. Baevskij R.M., Motylyanskaya R.E. Ritm serdca u sportsmenov. - M.: FiS, 1986. - 142 s.
3. Vegetativnye rasstrojstva: Klinika, lechenie, diagnostika /Pod red. A.M. Vejna. - M.: Medinform, 2000. - 752 s.
4. Romanchuk A.P. Rol' chastoty spontannogo dyhaniya v podderzhanii sistolicheskogo davleniya (na primere obsledovaniya vysokokvalificirovannyh sportsmenov) // *Sovremennye naukoemkie tehnologii*. - №6. - 2005. - S.49-52.
5. Romanchuk A.P. Do pitannya ocinki aktivnosti vegetativnoi nervovoi sistemi u sportsmeniv // *Medichna reabilitaciya, kurortologiya, fizioterapiya*. - №4. - 2005. - S. 31-34.
6. Romanchuk A.P. Kompleksnyj podhod k diagnostike sostoyaniya kardiorespiratornoj sistemy u sportsmenov: Monografiya / A.P. Romanchuk, L. A. Noskin, V. V. Pivovarov, M. Yu. Karganov. - Odessa: Feniks. - 2011. - 256 s.
7. Aguirre A, Wodicka GR, Maayan C, Shannon DC Interaction between respiratory and RR interval oscillations at low frequencies. *J Auton Nerv Syst*; 1990. – 29:241–246.
8. Akselrod S Components of heart rate variability. *Heart rate variability*. - N. Y.: Armonk. – 1995
9. Andreas S, Hajak G, von Breska B, Rütther E, Kreuzer H Changes in heart rate during obstructive sleep apnoea. *Eur Respir J*. 1992. Jul;5(7):853-7.
10. Cooke WH, Cox JF, Diedrich AM, Taylor JA, Beightol LA, et al Controlled breathing protocols probe human autonomic cardiovascular rhythms. *Am J Physiol*; 1998. 274:H709-H718.
11. Hirsch JA, Bishop B Respiratory sinus arrhythmia in humans: how breathing pattern modulates heart rate. *Am J Physiol*. 1981. Oct;241(4):H620-9.
12. Iellamo F, Legramante JM, Massaro M, Raimondi G, Galante A Effects of a Residential Exercise Training on Baroreflex Sensitivity and Heart Rate Variability in Patients With Coronary Artery Disease. *Circulation*; 2000. 102:2588-2592.
13. Lin YC, Shida KK, Hong SK Effects of hypercapnia, hypoxia, and rebreathing on heart rate response during apnea. *J Appl Physiol*. 1983. - Jan;54(1):166-71.
14. Malliani A, Lombardi P, Pagani M Power spectrum analysis of heart rate variability: a tool to explore neural regulatory mechanisms. *Br Heart J*; 1994. - 71:1–2

15. Preas II HL, Jubran A, Vandivier RW, Reda D, Godin PJ, et al Effect of Endotoxin on Ventilation and Breath Variability. *Am J Respir Crit Care Med*; 2001. 164:620-626.
16. Robertson D Mechanisms of orthostatic hypotension. *Curr Cardiol*. 1993. - 8:737-745.
17. Thierry B, Liang P, Robbins PA Breath-to-breath relationships between respiratory cycle variables in humans at fixed end-tidal PCO₂ and PO₂. *J Appl Physiol* 1996. 81(5):2287-2296.
18. Van der Palen J, Rea TD, Manolio TA, Lumley T, Newman AB, et al Respiratory muscle strength and the risk of incident cardiovascular events. *Thorax*; 2004. 59: 1063-1067.
19. Voronin IM, Belov AM Pathophysiology of cardiovascular disorders in obstructive respiratory distress during sleep. *Klin Med (Mosk)*; 2000. 78(12):9-14.

This is an open access article licensed under the terms of the Creative Commons Attribution Non Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted, non commercial use, distribution and reproduction in any medium, provided the work is properly cited.

Conflict of interest: None declared.

Received: 15.02.2013.

Revised: 15.03.2013.

Accepted: 10.05.2013.