

УДК 612.13

DOI: 10.18413/2409-0298-2016-2-3-26-31

Аль-Шаммари М.Я.И. | СПЕКТРАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ВАРИАБЕЛЬНОСТИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА У СТУДЕНТОВ-ИНОСТРАНЦЕВ

аспирант кафедры биологии, ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет», ул. Победы, 85, г. Белгород, 308015, Россия, *E-mail: 758895@bsu.edu.ru*

Аннотация

По результатам спектрального анализа вариабельности сердечного ритма проведен сравнительный анализ регуляторного влияния автономного и центрального уровней модуляции сердечного ритма у студентов-иностранцев, представителей стран четырех регионов мира. Установлено проявление у большей части студентов всех групп дезадаптации и даже гиперadaptation, возможности развития наджелудочковой аритмии, что указывает на высокий уровень активности центральных и автономных центров нейрогуморальной регуляции вариабельности сердечного ритма с преобладанием вагусного контроля в автономном контуре регуляции сердечного ритма при одновременном доминировании симпатических влияний на вазомоторный центр. Выявленный вегетативный баланс активности обоих отделов ВНС при их высоком напряжении отмечает выраженное влияние на автономные уровни регуляции кровообращения и модулирования сердечного ритма не только высших вегетативных центров, но и надсегментарных центров регуляции – гипоталамо-гипофизарной системы и коры.

Ключевые слова: спектральный анализ; вариабельность сердечного ритма; показатели спектрального анализа

Al-Shammari M.J.I. | SPECTRAL ANALYSIS OF FOREIGN STUDENTS' HEART RATE VARIABILITY

Post-graduate Student of the Biology Department
Belgorod National Research University
85 Pobeda St., Belgorod, 308015, the Russian Federation
E-mail: 758895@bsu.edu.ru

Abstract

According to the results of spectral analysis of heart rate variability (HRV) the comparative analysis of regulatory influence of the autonomous and central levels of heart rate modulation of students-foreigners representatives of the four world regions were carried out. The appearance of disadaptation and even hyperadaptation, an opportunity of development of the supraventricular arrhythmia were determined in a larger part of the all groups of students that indicates on the high level of the central and autonomous neurohumoral regulation of HRV centers activity with the predominance of the vagus control in the autonomous contour of regulation of heart rate during the simultaneous domination of the sympathetic influences on the vasomotor center. The revealed vegetative balance of activity of both departments of the vegetative nervous system under their high tension indicates the evident influence of higher vegetative centers and over segmental centers of regulation – hypothalamohypophysial system and cortex of cerebrum – on the autonomous levels of regulation of blood circulation and modulation of the heart rate.

Key words: spectral analysis; heart rate variability; indices of spectral analysis

Изучение модуляции ритма сердечных сокращений на основе оценки текущей активности механизмов его регуляции позволяет оценивать состояние целостного организма, уровень его адаптации к условиям среды [1, 3]. Регуляция ритма сердца является результатом многоконтурной и многоуровневой системы его

регуляции, при этом его вариабельность отражает адаптационную реакцию целостного организма. В настоящее время изучение механизмов регуляции кровообращения является актуальной. Она осуществляется по различным параметрам вариабельности сердечного ритма (ВСР) [1, 4]. В этом аспекте важное информативное значение

имеют показатели спектрального анализа ВСР, которые характеризуют общую активность регуляторных механизмов, нейрогуморальной регуляции кровообращения, соотношения между симпатическим и парасимпатическим отделами ВНС, между центральными и автономными контурами регуляции [2, 5].

Цель исследования: изучить особенности вегетативной регуляции variability сердечного ритма у студентов-иностранцев, коренных представителей разных регионов мира.

Материалы и методы исследования

Исследование проведено в зимний период в середине первого учебного года обучения студентов-иностранцев в вузе. В нем добровольно участвовали этнические представители стран четырех регионов мира, которые составили 4 юношеских группы: арабского (I, $22,4 \pm 0,6$ г.), индийского (II, $19,6 \pm 0,5$ г.), африканского (III, $21,9 \pm 0,6$ г.), латиноамериканского (IV, $22,7 \pm 0,8$ г.) происхождения. Во время обследования все студенты были условно здоровы.

В ходе исследования у студентов, используя аппаратно-программный комплекс компании «НейроСофт» «Поли-Спектр», осуществляли запись компьютерной ЭКГ традиционно в трех стандартных отведениях (I, II, III) с 10.00 до 12.00 часов в течение 300 с (5 мин) в положении лежа на спине при ровном дыхании в оборудованном для этой методики помещении. Изучали параметры ЭКГ, записанные во II стандартном отведении с применением программы анализа «Поли-Спектр» [4]. Используемые в работе условные обозначения показателей спектрального анализа ВСР представлены в соответствии с международными стандартами его оценки с учетом значений ориентировочных нормативов [3]. Данный метод дает объективную оценку функционального статуса систем регуляции ВСР по общей мощности спектра нейрогуморальной регуляции (TP, $мс^2$) с учетом

вклада в него быстрых высокочастотных колебаний (HF, 16-0,4 Гц), характеризующих активность парасимпатического отдела вегетативной нервной системы (ВНС), медленных низкочастотных колебаний (LF-компонент), как показателя активности симпатического отдела, и очень медленного низкочастотного (VLF, $< 0,05$ Гц), отражающего гуморально-метаболические и церебральные эрготропные влияния на модуляцию сердечного ритма. По отношению LF/HF оценивали симпато-парасимпатический баланс тонуса отделов ВНС на момент обследования. Определяли нормализованную мощность в нормализованных единицах (п. у.) в диапазоне высоких частот (HFnorm), для оценки относительного вклада HF-компонента в общую мощность спектра за вычетом VLF-компонента, а в диапазоне низких частот (LFnorm) – относительного вклада LF-компонента в общую мощность за вычетом VLF-частотного диапазона [2, 5].

На втором этапе проводили статистическую обработку выявленных индивидуальных данных на групповом уровне, их анализ и описание. Все исходно полученные индивидуальные данные обработаны на групповом уровне с применением описательной статистики программы «Statistica 6.0», при этом достоверность различий сравниваемых параметров определялась между наиболее и наименее выраженными их средними значениями среди групп студентов по t-критерию Стьюдента, начиная со значения $p < 0,05$.

Результаты исследования и их обсуждение

По нормативным данным variability кровообращения для здоровых лиц величина TP составляет 3466 ± 1018 $мс^2$ [4]. У всех групп студентов по средним величинам данный показатель был значительно выше, указывая на активацию у них лимитирующей функции парасимпатического отдела ВНС в условиях дезадаптации (табл. 1).

Таблица 1

Показатели спектрального анализа ВСР у студентов

Table 1

Indices of spectral analysis of HRV of the students

Показатели, ед. изм.	Регион (группа)			
	I	II	III	IV
TP, $мс^2$	6535,3±1116,40	7076,0±911,31*	10962,9±4324,44	4438,2±662,50
HF, $мс^2$	1885,9±369,53	3244,6±571,66*	4224,5±1847,62	1403,1±232,19
VLF, $мс^2$	2505,1±425,02	1803,2±240,46	2857,53±703,03	1663,5±369,81
LF, $мс^2$	2144,2±435,17	2028,4±271,71	3880,9±1839,45	1516,1±232,86

Примечание: * – достоверность различий между средними значениями показателей определяли по отношению к наименее выраженному из четырех, установленных для каждой группы студентов, по t-критерию Стьюдента (при $p < 0,05$).

Усредненные значения ТР характеризуют суммарную активность вегетативного воздействия на кардиоритм: активация вагуса ведет к повышению значения ТР, повышение активности симпатической нервной системы вызывает противоположный эффект.

По данным литературы, высокий уровень нейрогуморальной регуляции ВСР с преобладанием вагусного контроля, например, возможен при чрезмерно высоких психических и физических нагрузках, которые испытывает организм на стадии завершения процессов физического развития, изменения природно-социальной среды обитания, включая все аспекты образа и стиля жизни [4, 5].

Высокое значение средних величин ТР, а, следовательно, состояние перенапряжения и дезадаптации наиболее свойственно студентам III группы и менее значимо – для студентов IV группы, так как у них ВСР находится под доминирующим контролем симпатического отдела ВНС. По сравнению со II группой студентов среднее значение ТР у студентов IV группы оказалось ниже ($p < 0,05$), отмечая их большую адаптивность к условиям среды.

На рисунке 1 представлена структура распределения студентов с учетом выраженности индивидуальных величин общей мощности спектра относительно физиологической нормы.

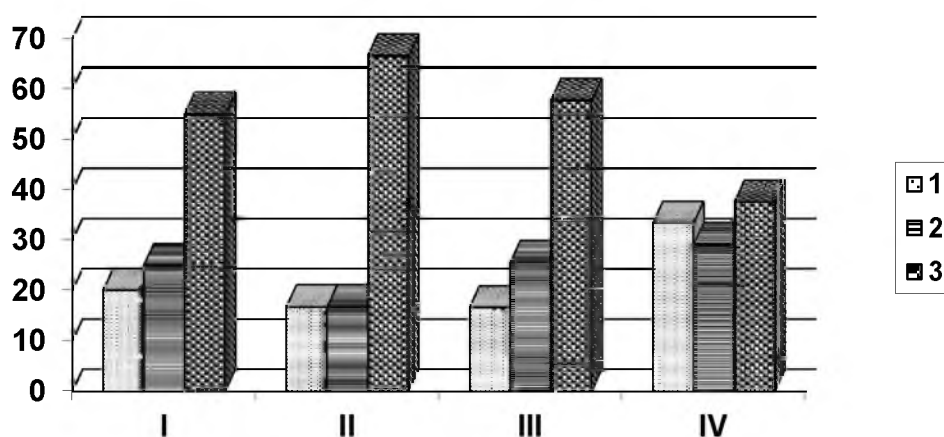


Рисунок 1. Структура выраженности у студентов общей мощности спектра по индивидуальным значениям ТР, ms^2 : 1 – ниже нормы, 2 – норма, 3 – выше нормы; I, II, III, IV – группы студентов

Figure 1. Structure of the evidence of the general capacity of the spectrum of the students by the individual values of TP, ms^2 : 1 – below normal; 2 – normal; 3 – above normal; I, II, III, IV – the groups of students

По индивидуальным значениям ТР процент студентов с доминирующим регуляторным влиянием симпатической активности ВНС и уравновешенности регуляторной активности её отделов на СР в совокупности был менее выражен. Так, соответствие значения индивидуальных величин ТР среднему диапазону нормы и регуляторной активности СР, был более значим только в IV группе у 29,2%, а во II группе он отмечен только у 17,0% студентов (рис. 1). По данной диаграмме, процент дезадаптированных студентов наиболее высок в первых трех группах – индийского, африканского и арабского регионов.

В норме величина мощности высокочастотного диапазона – HF, равна $705 \pm 203 ms^2$ [3]. Она характеризует колебания интенсивности потока импульсов, идущих к сердцу по парасимпатическим нервам. Выявленные у студентов средние значения данного показателя повышены против средней нормы в ряду от I до IV группы соответственно в 2,7 раза, 4,6 раза, в 6 и 2 раза. У студентов индийского региона влияние вагуса было более

значимым ($p < 0,05$) по сравнению с его выраженностью у студентов африканского региона.

Мощность низкочастотных – LF, медленных волн 1-го порядка в норме составляет $1170 \pm 416 ms^2$. Средние величины спектральной мощности LF у студентов только IV группы проявлялись в пределах верхней границы нормы, а у I и II групп превысили её в 1,4 и 1,3 раза соответственно, а у III группы – в 2,4 раза. Этот компонент спектральной мощности отражает преимущественно состояние симпатического центра регуляции сосудистого тонуса – вазомоторного, расположенного в продолговатом мозге. Данный центр постоянно получает поток импульсов от рецепторов синокаротидной зоны, реагирующих на любые изменения артериального давления, и на их основе формирует эфферентные импульсы к гладкомышечным волокнам стенок кровеносных сосудов. Повышение мощности данного спектра у студентов первых трех групп свидетельствует о выраженном напряжении симпатического тонуса.

Влияние на ритм сердца структур надсегментарного уровня регуляции определяет проявление мощности очень низкочастотных – VLF, медленных волн 2-го порядка, составляя в норме $1591 \pm 407 \text{ мс}^2$ [4]. Данный спектр мощности отражает степень связи автономных уровней регуляции с надсегментарными, включая их связи с гипофизарно-гипоталамическим и корковым уровнем. Анализ средних значений мощности VLF показал, что у студентов II и IV групп они соответствуют норме и удовлетворительной адаптации, а у I и III групп они превысили верхнюю границу нормы соответственно на 25,3% и 42,9%, указывая на проявление у них гипердадаптивного состояния. Амплитуда очень медленных волн сопряжена с

психоэмоциональным напряжением и функциональным статусом коры больших полушарий головного мозга, отражая церебральные эрготропные влияния корковых центров на нижележащие уровни.

У здорового человека в норме значения нормированных мощностей LFnorm и HFnorm составляют $50,6 \pm 9,4$ и $49,4 \pm 9,4$ п.у. соответственно [3]. Соотношение значений HFnorm/LFnorm, с определенной долей условности, применяют для характеристики баланса вегетативных влияний на модуляцию СР. Выявленные средние значения нормализованных показателей спектрального анализа отмечены в пределах нормы у студентов всех групп (табл. 2).

Таблица 2.

Нормализованные показатели спектрального анализа ВСР у студентов

Table 2

Normalized indices of HRV spectral analysis of the students

Показатели, ед.изм.	Группы студентов			
	I	II	III	IV
LFnorm, п.у.	$56,4 \pm 3,36^*$	$43,7 \pm 3,82$	$47,9 \pm 2,43$	$55,2 \pm 3,54^*$
HFnorm, п.у.	$43,6 \pm 3,36$	$56,3 \pm 3,82^*$	$52,1 \pm 2,43^*$	$44,8 \pm 3,54$

Примечание: * – достоверность различий между средними значениями показателей определяли по отношению к наименее выраженному из четырех, установленных для каждой группы студентов, по t-критерию Стьюдента (при $p < 0,05$).

У студентов I и IV групп достоверно более выражена ($p < 0,05$) LFnorm против её значения у II группы, её средние значения превысили показатель нормы на 11,5% и 9,0% соответственно, указывая на более высокий уровень симпатических регуляторных воздействий на функциональную активность сердца и сосудов. У студентов II и III групп, наоборот, достоверно более выражена ($p < 0,05$) HFnorm против её среднего значения у I группы, их средние значения превысили показатель нормы на 13,9% и 5,4% соответственно, указывая на более выраженный вклад парасимпатической активности в регуляцию СР (см. табл. 2). Известно, что повышение парасимпатической активности в процессе регуляции СР происходит при высоком нервном напряжении, связанном с утомлением.

Выявленная структура суммарной мощности спектра ВСР в каждой группе студентов представлена в таблице 3. По данным литературы, нормативная мощность высокочастотной составляющей спектра составляет 15-25% [3], но по нашим данным у всех групп студентов средние значения %HF превысили норму. Это превышение против верхней границы нормативного диапазона составило 8,4%, 20%, 37,2% и 62,8% соответственно в I, IV, III и II группах студентов. Выраженность в спектре высокочастотного HF-компонента у всех групп студентов указывает на проявление более высокой активности парасимпатического отдела ВНС, ответственного за работу автономного контура регуляции СР, и сопряжено со снижением активности симпатического отдела ВНС.

Таблица 3

Структура общего спектра ВСР у студентов

Table 3

Structure of the HRV general spectrum of the students

Показатели, ед.изм.	Группы студентов			
	I	II	III	IV
%HF	$27,1 \pm 2,68$	$40,7 \pm 3,38^{***}$	$34,3 \pm 2,83$	$30,0 \pm 3,41$
%LF	$32,9 \pm 1,84$	$30,8 \pm 2,62$	$30,3 \pm 1,82$	$33,6 \pm 2,12$
%VLF	$39,9 \pm 2,92^*$	$28,5 \pm 2,70$	$35,4 \pm 3,31$	$36,3 \pm 3,57$
LF/HF	$1,67 \pm 0,31^*$	$1,03 \pm 0,26$	$0,99 \pm 0,09$	$1,77 \pm 0,34^*$

Примечание: * – достоверность различий между средними значениями показателей определяли по отношению к наименее выраженному из четырех, установленных для каждой группы студентов, по t-критерию Стьюдента (при $p < 0,05$); ** – то же при $p < 0,01$.

По данным литературы, величина %HF позволяет оценивать угрозу возникновения наджелудочковой аритмии, при этом, чем выше значение данного показателя, тем больше вероятность её проявления [2, 3]. Проведенный анализ индивидуальной предрасположенности студентов к возникновению наджелудочковой аритмии в каждой группе представлен на рис. 2.

Возможность нарушения ритмичности кардиоритма за счет развития наджелудочковой аритмии наиболее высока среди студентов индийского и африканского регионов и в меньшей степени – для студентов арабского региона (рис. 2). Так у студентов II группы среднее значение %HF было достоверно более высоким ($p < 0,05$) против его значения у I группы (см. табл. 3).

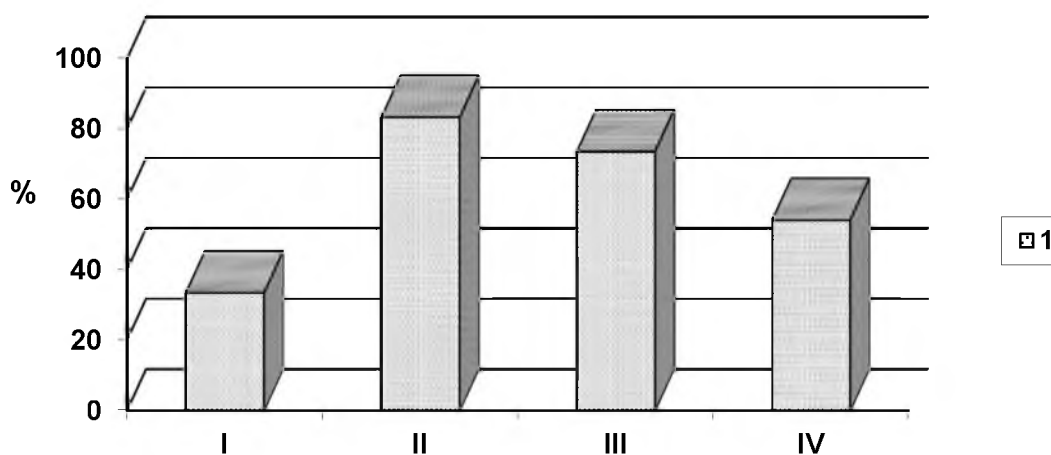


Рисунок 2. Возможность развития у студентов наджелудочковой аритмии по их индивидуальным значениям %HF; I, II, III, IV – группы студентов

Figure 2. Opportunity of the development of supraventricular arrhythmia in students according to their individual indices of %HF; I, II, III, IV – the groups of students

У всех групп студентов средние значения %LF, характеризующие состояние активности вазомоторного центра, соответствуют нормативным значениям от 15 до 35-40%, свидетельствуя о среднем уровне активности симпатического отдела ВНС. По индивидуальным величинам %LF процент лиц с более высоким уровнем симпатического регуляторного воздействия на работу вазомоторного центра в ряду от I группы до IV составляет 15,0%, 16,6%, 15,7%, 25,0% соответственно. Согласно ему, наиболее высокий уровень симпатической модуляции СР наблюдается у студентов латиноамериканского группы.

Спектральная составляющая VLF% в норме составляет 15-30% от суммарной мощности спектра. Анализ её средних значений свидетельствует, что только у студентов II группы мощность этого компонента спектра снижена против нижней границы нормы на 5,0%, а у остальных групп – повышена и у студентов III, IV и

I групп это повышение составило 18,0%, 21,0% и 33,0% соответственно (табл. 3). У студентов I группы более высокое ($p < 0,05$) среднее значение VLF% по сравнению со II группой.

Соотношение LF/HF отражает вагусно-симпатический баланс. У студентов всех групп средние величины коэффициента вазосимпатического баланса LF/HF соответствуют уравновешенности тонуса отделов ВНС, так как в норме его значение изменяется в пределах 0,8-2,2, составляя в среднем $0,7 \pm 1,5$. У студентов I и IV групп показатель был достоверно выше ($p < 0,05$) по сравнению с его значимостью у III группы (табл. 3).

По индивидуальным значениям коэффициента LF/HF определена структура распределения студентов по его индивидуальной выраженности. Она наглядно представлена графически на рисунке 3.

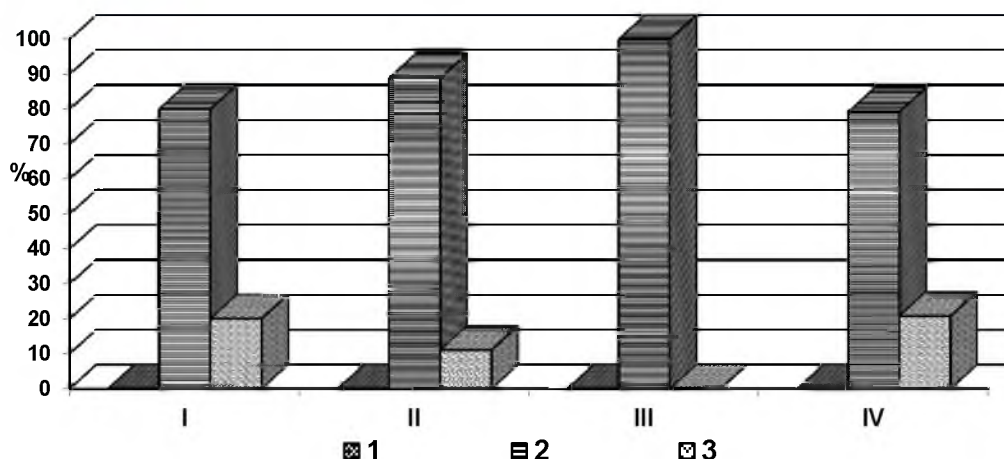


Рисунок 3. Структура распределения студентов по индивидуальным значениям коэффициента LF/HF, отражающим уравнищенность отделов ВНС: 1 – ваготония, 2 – нормотония, 3 – симпатотония; I, II, III, IV – группы студентов
Figure 3. Structure of the distribution of the students by individual values of the LF/HF coefficient which indicates the balance of the departments of vegetative nervous system: 1 – vagotonia; 2 – normotonia; 3 – sympatotonia; I, II, III, IV – the groups of students

Таким образом, в условиях острого и хронического эмоционального стресса мощность и относительный вклад VLF% увеличивается. Известно, что амплитуда VLF-колебаний тесно связана с функциональным статусом коры головного мозга и, прежде всего, с психоэмоциональным напряжением. Сдвиги вегетативного баланса в сторону активации симпатического отдела ВНС отражают проявление неспецифического компонента адаптационной реакции в ответ на различные воздействия стресс-факторов [1, 5].

Заключение

Проявление дезадаптации и даже гипердаптации, возможность развития наджелудочковой аритмии указывают на высокий уровень активности центральных и автономных центров нейрогуморальной регуляции ВСР с преобладанием вагусного контроля в автономном контуре регуляции СР при одновременном доминировании симпатических влияний на вазомоторный центр. Выявленный вегетативный баланс активности обоих отделов ВНС при их высоком напряжении отмечает выраженное влияние на автономные уровни регуляции кровообращения и модулирования СР не только высших вегетативных центров, но и надсегментарных центров регуляции – гипоталамо-гипофизарной системы и коры.

Список литературы

1. Агаджанян Н.А., Баевский Р.М., Берсенева А.П. Проблемы адаптации и учение о здоровье: Учебное пособие. Москва: Изд-во РУДН, 2006. С. 119-165.

2. Баевский Р.М. Вариабельность сердечного ритма: теоретические аспекты и возможности клинического применения // Ультразвуковая и функциональная диагностика. 2001. № 3. С. 108-127.

3. Вариабельность сердечного ритма: стандарты измерения, физиологической интерпретации и клинического использования / рабочая группа Европейского кардиологического общества и Северо-американского общества стимуляции и электрофизиологии // Вестн. Аритмологии. 1999. № 11. С. 53-78.

4. Михайлов В.М. Вариабельность ритма сердца. Опыт практического применения. Иваново, 2000. 200 с.

5. Шлык Н.И. Сердечный ритм и тип регуляции у детей, подростков и спортсменов. Ижевск: Изд-во «Удмуртский университет», 2009. 259 с.

References

1. Agadjanian N.A., Baevskij R.M., Berseneva A.P. Problems of adaptation and studies about health. Moscow, 2006. Pp. 119-165.

2. Baevskij R.M. Heart rate variability: theoretical aspects and possibilities of clinical use // Ultrasonic and functional diagnostics. 2001. N. 3. Pp. 108-127.

3. Heart rate variability: standards of measuring, physiological interpretation and clinical use / Working group of the European cardiologic society and Northern American society of stimulation and electrophysiology // Bulletin of the Arhythmology. 1999. N. 11. Pp. 53-78.

4. Mihajlov V.M. Heart rate variability. Experience of the practical use. Ivanovo, 2000. 200 p.

5. Shlyk N.I. Heart rate and the type of regulation of the children, teenagers and sportsmen. Izhevsk: "Udmurtskij universitet", 2009. 259 p.