

УДК 612.766.1

## ВАРИАЦИОННАЯ КАРДИОИНТЕРВАЛОМЕТРИЯ КАК МЕТОД ЭКСПРЕСС-ОЦЕНКИ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ СТУДЕНТОВ С РАЗНЫМ УРОВНЕМ ДВИГАТЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ

Хренкова В.В., Абакумова Л.В., Лысенко А.В., Баршай В.М.,

Рогинская А.А., Карсакова А.А., Журавлева М.В.

ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет», Ростов-на-Дону,

e-mail: vvhrenkova@sfedu.ru; lvabakumova@sfedu.ru

Целью работы было выявление наиболее эффективных показателей variability сердечного ритма для экспресс-оценки функционального состояния человека. Были проанализированы статистические, геометрические и спектральные характеристики variability сердечного ритма у студентов с разным уровнем двигательной активности. В обследовании приняло участие 273 студента (153 юноши, 120 девушек) в возрасте от 19 до 22 лет, составившие 3 группы: студенты неспортивных факультетов, имеющие минимальное количество физической нагрузки, студенты отделения безопасности жизнедеятельности (БЖ) Академии физической культуры и спорта, имеющие среднее количество регулярной физической нагрузки, студенты отделения физкультуры Академии физической культуры и спорта, имеющие наибольшее количество регулярной физической нагрузки. Показано, что из всех проанализированных показателей для экспресс-оценки и прогноза текущего функционального состояния могут быть использованы статистические и геометрические показатели variability сердечного ритма.

**Ключевые слова:** двигательная активность, функциональное состояние, диагностика, вариационная кардиоинтервалометрия

## VARIATIONAL CARDIOINTERVALOMETRY AS A METHOD OF EXPRESS-EVALUATION OF THE FUNCTIONAL STATE OF STUDENTS WITH DIFFERENT LEVELS OF PHYSICAL ACTIVITY

Khrenkova V.V., Abakumova L.V., Lysenko A.V., Barshay V.M.,

Roginskaya A.A., Karsakova A.A., Zhuravleva M.V.

Southern Federal University, Rostov-on-don, e-mail: vvhrenkova@sfedu.ru; lvabakumova@sfedu.ru

The aim of this work was to identify the most effective indicators of heart rate variability for the rapid assessment of a person's functional state. There were analyzed statistical, geometrical and spectral characteristics of heart rate variability of students with different levels of physical activity. 273 students participated in the survey (153 boys, 120 girls) aged from 19 to 22 years. They were divided into 3 groups: the students from non-sport faculties with minimal exercise, the students from the Academy of physical culture and sport (the Department of safety) with the average number of regular exercise and the students from the Department of physical education of the Academy of physical culture and sport – these students have the greatest amount of regular physical activity. It was shown that statistical and geometrical parameters of heart rate variability of all the analyzed indicators can be used for rapid assessment and forecast of the current functional state can be used for.

**Keywords:** motor activity, functional state, diagnosis, variational cardiointervalometry

Обучение в высших учебных заведениях является сложным и длительным процессом. Многие исследователи отмечают, что изменившиеся социально-экономические условия учебы, быт студентов и избыточное напряжение создают проблемы, которые выливаются в интеллектуальное, эмоциональное и психическое напряжение, приобретающее застойный характер, усугубляемое снижением физической активности (Елизарова, 2010; Айзман, Герасёв, 2012; Хренкова и др., 2013). Перечисленные факторы и ухудшающиеся экологические условия (техногенные аварии и катастрофы, повсеместное загрязнение почвы, воздуха и воды) приводят к предельному напряжению компенсаторно-приспособительных механизмов с развитием обратимых и не-

обратимых явлений дезадаптации (Бабаев и др., 2010).

Исходя из этого, необходимы своевременное распознавание и коррекция развивающихся дисфункций систем организма студентов путем мониторинга их здоровья в динамике обучения и занятий спортом.

Одним из информативных методов изучения функционального состояния организма является метод вариационной кардиоинтервалометрии (ВКМ), достоинствами которого являются неинвазивность, высокие оперативность и информативность, простота и доступность получения исходной информации. Данный метод широко применяется в практике возрастной и спортивной физиологии, поскольку позволяет исследовать и количественно оценивать ди-

намику функциональных изменений в учебно-тренировочном процессе, осуществлять срочный контроль за процессом физической тренировки, раннюю диагностику тренированности, дезадаптации, перетренированности и прогнозировать аэробные способности спортсменов (Зайцев и др., 2000; Михайлов, 2000; Попова и др., 2009; Шлык, 2009; Гаврилова, Чурганов, 2012). Однако, по данным ряда исследователей (Игошева и др., 2001; Шлык, 2009; Хренкова и др., 2013, 2014), природа и интерпретация некоторых спектральных характеристик сердечного ритма неоднозначны.

**Целью работы** было выявление наиболее эффективных показателей variability сердечного ритма для экспресс-оценки функционального состояния студентов с различным уровнем двигательной активности в условиях учебно-тренировочного процесса.

В обследовании приняло участие 273 студента (153 юноши, 120 девушек) в возрасте от 19 до 22 лет, обучающихся в разных структурных подразделениях Южного федерального университета (факультетах биологических наук, филологическом, математическом и Академии физической культуры и спорта). Все обследованные были разделены на 3 группы:

1) студенты неспортивных факультетов, имеющие минимальное количество физической нагрузки – (I группа, неспортсмены);

2) студенты отделения безопасности жизнедеятельности (БЖ) Академии физической культуры и спорта, имеющие среднее количество регулярной физической нагрузки – (II группа, студенты ОБЖ);

3) студенты отделения физкультуры Академии физической культуры и спорта, имеющие наибольшее количество регулярной физической нагрузки – (III группа, спортсмены).

Обследования проводились с помощью аппаратно-программного комплекса психофизиологического тестирования УПФТ-1/30 – «Психофизиолог» (Медиком МТД, г. Таганрог). У всех испытуемых была выполнена пятиминутная запись ЭКГ в условиях относительного покоя. Расчет показателей основывался на массивах R-R интервалов, не содержащих артефактов и экстрасистол, с их последующей математической обработкой в программе Statistica 9. Состояние вегетативной нервной системы и механизмы регуляции сердечного ритма оценивались по ряду статистических (ЧСС, уровень ЧСС (УрЧСС), стандартное отклонение R-R-интервалов (СКО)), геометрических (вариационный размах (ВР), мода (МО), амплитуда моды (АМО), индекс напряжения Р.М. Баевского (ИН)) и спектральных характеристик

(общая мощность спектра (TP), высокочастотные колебания (HF), низкочастотные колебания (LF), очень низкочастотные колебания (VLF), мощность в диапазоне высоких частот, выраженная в нормализованных единицах (HFnorm), мощность в диапазоне низких и очень низких частот, выраженная в нормализованных единицах (LFnorm, VLFnorm), баланс симпатических и парасимпатических влияний (LF/HF), индекс централизации (IC)) (Методический справочник, 2004; Баевский, 2011).

Анализ ЧСС, R-R интервалов и уровня ЧСС свидетельствовал о нормокардии у студентов всех групп без значимых гендерных различий. Однако студенты группы III имели большую длительность R-R-интервалов, в среднем на 90 мс, по сравнению со студентами групп I и II ( $p < 0,05$ ), более низкий уровень ЧСС (ниже на 0,8 усл.ед.) и большие значения СКО и ВР, что явилось показателем более высокой активности автономных механизмов регуляции и больших функциональных резервов их сердечно-сосудистой системы. Вегетативный статус организма, выявленный по значениям ИН, соответствовал нормотонии (эйтонии) лишь у спортсменов (III группа). У студентов остальных групп, в большей степени у юношей группы I и девушек группы II, выявлена симпатикотония, отражающая напряжение регуляторных систем – включение центральных и подавление автономных механизмов (таблица).

Во всех обследованных группах значения общей мощности спектра (TP) превышали нормативную величину для взрослых (методический справочник, 2004; Шлык, 2009), что является показателем высокого уровня нейрогуморальных влияний на сердечный ритм и адаптационного потенциала организма. По показателям абсолютной и относительной мощности высокочастотных волн (HF, HFnorm) и относительной мощности LF волн, которые оценивались в соответствии с данными Михайлова В.М. (2000) и Шлык Н.И. (2009), выявлена более высокая активность парасимпатического отдела вегетативной нервной системы и, следовательно, преобладание автономных механизмов регуляции сердечного ритма у студентов с высоким уровнем двигательной активности, по сравнению со студентами со средним и низким уровнем двигательной активности ( $p < 0,05$ ). Величина абсолютной и относительной мощности LF во всех группах не различалась, при этом абсолютная мощность LF значительно (в 3–5 раз) превышала нормативные значения, относительная же мощность LF соответствовала им. По мнению Шлык Н.И.

(2009), увеличение абсолютной мощности LF волн означает, что поддержание гемодинамического гомеостаза обеспечивается под-ключением неспецифических механизмов.

Статистические, геометрические и спектральные и характеристики вариабельности сердечного ритма

Показатели	I юноши		I девушки		II юноши		II девушки		III юноши		III девушки	
	M ± m	N	M ± m	N	M ± m	N	M ± m	N	M ± m	N	M ± m	N
R-R	746,05 ± 27,8	19	774,4 ± 13,9	61	786,1 ± 22,8	33	761,5 ± 24,2	10	856,1 ± 12,4	101	852,9 ± 16,2	49
СКО	71,48 ± 8,9	21	69,26 ± 4,1	62	78,8 ± 6,5	33	60,8 ± 11,8	10	79,3 ± 3,4	103	82,8 ± 5,3	49
УрЧСС	3,5 ± 0,3	21	3,35 ± 0,1	62	3,4 ± 0,2	33	3,5 ± 0,1	10	2,68 ± 0,1	103	2,69 ± 0,1	49
ЧСС	81,52 ± 3	21	78,95 ± 1,4	62	78,3 ± 2,2	33	79,5 ± 2,4	10	77,1 ± 5,2	103	71,65 ± 1,4	49
BP	386,1 ± 57,8	20	360,2 ± 20,8	61	423,5 ± 34,3	33	308,3 ± 64,5	10	427,5 ± 18,4	101	440,5 ± 25,6	49
Мода	748,8 ± 26,8	21	780,7 ± 16,8	62	802,3 ± 26,9	33	765 ± 26,6	10	864,4 ± 14,1	103	864,8 ± 19,2	49
АМО	37,2 ± 3,5	20	34,5 ± 1,5	61	32,4 ± 2,2	33	39,9 ± 5,7	10	31,5 ± 1,1	101	32,4 ± 1,3	49
ИН	153,8 ± 55,4	21	103,6 ± 20	62	97,3 ± 31,7	33	152,8 ± 53,1	10	68,2 ± 7,2	103	59,7 ± 7,6	49
TP, мс <sup>2</sup>	11131,5 ± 2730	20	11144,1 ± 1673	61	16702,2 ± 3701	33	9267,8 ± 3572	10	14323,6 ± 1455	101	15940 ± 3009	49
VLF, мс <sup>2</sup>	2448,6 ± 689	20	3083,7 ± 518	61	4193,5 ± 1118	33	2803,8 ± 1113	10	4495,9 ± 609	101	3643,2 ± 656	49
LF, мс <sup>2</sup>	4554,5 ± 1034	20	4311,1 ± 572	61	5445,9 ± 1114	33	3552,8 ± 1402	10	5141,5 ± 474	101	5609,8 ± 899	49
HF, мс <sup>2</sup>	4128,8 ± 1499	20	5572,4 ± 1757	61	5062,9 ± 1152	33	2911,2 ± 1261	10	4995,14 ± 682	101	6687,2 ± 1626	49
VLF norm	25,8 ± 3,3	20	26,5 ± 1,7	61	26,3 ± 2,3	33	32,3 ± 3,2	10	30,5 ± 1,5	101	25,47 ± 1,9	49
LF norm	46,95 ± 3,5	20	43,5 ± 2	61	41,9 ± 2,1	33	41,7 ± 3,1	10	38,9 ± 1,2	101	39,26 ± 1,9	49
HF norm	25,95 ± 4	19	30,2 ± 1,85	61	31,9 ± 2,4	33	26,2 ± 3,7	10	31,15 ± 1,5	101	35,28 ± 2,2	49
LF/HF	2,77 ± 0,49	19	2,37 ± 0,36	61	1,81 ± 0,26	32	1,99 ± 0,3	10	1,89 ± 0,24	101	1,53 ± 0,17	48
ИЦ	4,32 ± 0,67	19	3,67 ± 0,45	61	3,25 ± 0,69	32	3,62 ± 0,6	10	3,61 ± 0,49	101	2,61 ± 0,31	48
ИАП	0,89 ± 0,31	18	0,77 ± 0,08	52	0,72 ± 0,08	33	0,85 ± 0,1	10	1,93 ± 0,08	100	0,78 ± 0,09	49

В обследованных группах доля VLF волн, мощность которых характеризует активность симпатического отдела вегетативной нервной системы, а также отражает активность межсистемного уровня управления (Malik et al., 1999), значительно превышала нормативы (в 2–3 раза) и составила 22–30% TP. Высокий уровень абсолютной мощности VLF и их доли в TP, по данным Флейшман А.Н. (1999) и Шлык Н.И. (2009), является отражением гиперадаптивного состояния, характеризующегося напряжением механизмов адаптации.

Одним из показателей, характеризующих соотношение симпатических и парасимпатических влияний, является индекс вагосимпатического взаимодействия LF/HF (Шлык, 2009). Сбалансированный тонус симпатических и парасимпатических центров ( $1.5 \leq LF/HF < 2.5$ ) выявлен у юношей и девушек группы II и III. В группе I – умеренное преобладание симпатических влияний, свидетельствующее о централизации управления ритмом сердца и о более высокой физиологической цене адаптации к текущим нагрузкам. Это подтверждено и величиной индекса централизации (IC), который у юношей и девушек группы I свидетельствовал о более выраженной активности центрального контура регуляции сердечного ритма по отношению к автономному.

Таким образом, из результатов исследования следует, что статистические и геометрические показатели и некоторые спектральные характеристики (HF, HFnorm, LFnorm) вариабельности сердечного ритма однозначно отражали соотношение автономных и центральных механизмов регуляции у студентов с различным уровнем двигательной активности: в группе спортсменов адаптация сердечной деятельности к текущим нагрузкам осуществлялась преимущественно за счет автономных механизмов, в группах неспортсменов и ОБЖ – за счет центральных. Другие же спектральные характеристики (TP, LF, VLF, LF/HF, IC) однозначно трактовать не представлялось возможным: выявленная величина TP указывала на высокий уровень адаптационного потенциала студентов всех групп, а значения абсолютной мощности VLF волн и VLFnorm – на напряжение механизмов регуляции; индексы LF/HF и IC, в отличие от И.Н. Баевского, свидетельствовали о централизации регулирующих влияний только у студентов группы I.

Следовательно, из всех проанализированных показателей вариабельности сердечного ритма в экспресс-оценке и прогнозе текущего функционального состояния, по нашему мнению, могут быть использованы статистические и геометрические показатели. Трактовка же спектральных характеристик требует дополнительных исследований.

**Список литературы**

1. Бабаев М.А., Лысенко А.В., Ивко О.М., Петрова О.А., Трофимова С.В. Особенности профессиональной спортивной деятельности и риск развития ускоренного старения // Успехи геронтологии. – 2010. – Т.23, № 4. – С. 652–656.

2. Баевский Р.М. Вариабельность сердечного ритма. Медико-физиологические аспекты. – 2011 URL: [http://clubkit.ru/varicard\\_statya.php](http://clubkit.ru/varicard_statya.php) (дата обращения 14.07.2014).

3. Гаврилова Е.Г., Чурганов О.А. Прогнозирование аэробных способностей высококвалифицированных лыжников по данным вариационной пульсометрии // Вестник спортивной науки. – 2012. – № 4. – С. 3–5.

4. Зайцев В.К., Киселев В.А., Наумов С.С., Подливаев Б.А. Диагностика функционального состояния спортсменов на основе применения метода вариационной пульсометрии // Сборник трудов ученых РГАФК. – 2000. – С. 158–165.

5. Игошева Н.Б., Павлов А.Н., Анищенко Т.Г. Методы анализа сердечного ритма. – Саратов: Колледж, 2001. – 120 с.

6. Методический справочник: Устройство психофизиологическое тестирования УПФТ – 1/30 «Психофизиолог». – Таганрог: Медиком МТД, 2004. – 78 с.

7. Михайлов В.М. Вариабельность ритма сердца: Опыт практического применения метода. – Иваново, 2000. – 200 с.

8. Попова М.А., Щербакова А.Э., Говорухин А.А., Сафин Р.М. Изменение сердечного ритма у студентов при смене уровня учебных нагрузок в условиях внедрения инновационной образовательной системы на территории ХМАО-Югры // Вестник Сургутского государственного педагогического университета. – 2009. – № 1(4). – С. 5–17.

9. Флейшман А.Н. Медленные колебания гемодинамики. – Новосибирск, 1999. – С. 264.

10. Хренкова В.В., Абакумова Л.В., Айдаркина М.Е., Карсакова А.А., Карчава Ш.К. Комплексная оценка функционального состояния организма школьников, обучающихся по разным учебным программам // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2014. – № 1. – С. 31.

11. Хренкова В.В., Абакумова Л.В., Карсакова А.А., Журавлева М.В. Оценка адаптационных возможностей студентов различных факультетов Южного федерального университета методом вариационной кардиоинтервалометрии // Образование, спорт, здоровье в современных условиях экологической среды: Вторая Международная научно-практическая конференция (1–3 ноября 1013 г.). – Ростов н/Д.: Южный федеральный университет, 2013. – С. 326–332.

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

13. Heart Rate Variability. Standarts of measurement // European Heart Journal. – 1996. – № 17. – P. 354–381.

14. Malik M., Bigger J.Th., Camm A.J., Kleiger R.E., Malliani A., Moss A.J., Schwartz P.J. ВСР. Стандарты измерения, физиологической интерпретации и клинического применения // Вестник аритмологии. – 1999. – № 11. – С. 52–78.

**References**

1. Babaev M.A., Lysenko A.V., Ivko O.M., Petrova O.A., Trofimova S.V. Osobennosti professional'noj sportivnoj

deyatel'nosti i risk razvitiya uskorenogo stareniya // Uspekhi gerontologii. 2010. T. 23, no. 4. pp. 652–656

2. Baevskij R.M. Variabel'nost' serdechnogo ritma. Mediko-fiziologicheskie aspekty. 2011 URL: [http://clubkit.ru/varicard\\_statya.php](http://clubkit.ru/varicard_statya.php) (data obrashheniya 14.07.2014).

3/ Gavrilova E.G., Churganov O.A. Prognozirovanie aehrobnykh sposobnostej vysokokvalifitsirovannykh lyzhnikov po dannym variatsionnoj pul'sometrii // Vestnik sportivnoj nauki. 2012. no. 4. pp. 3–5.

4. Zajtsev V.K., Kiselev V.A., Naumov S.S., Podlivaev B.A. Diagnostika funktsional'nogo sostoyaniya sportsmenov na osnove primeneniya metoda variatsionnoj pul'sometrii / Sbornik trudov uchenykh RGAFK. 2000. pp. 158–165.

5. Igosheva N.B., Pavlov A.N., Anishhenko T.G. Metody analiza serdechnogo ritma. Saratov: Kolledzh, 2001. 120 p.

6. Metodicheskij spravochnik: Ustrojstvo psikhofiziologicheskoe testirovaniya UPFT 1/30 «Psikhofiziolog». Taganrog: Medikom MTD, 2004. 78 p.

7. Mikhajlov V.M. Variabel'nost' ritma serdtsa: Opyt prakticheskogo primeneniya metoda. Ivanovo, 2000. 200 p.

8. Popova M.A., Shherbakova A.E., Govorukhin A.A., Safin R.M. Izmenenie serdechnogo ritma u studentov pri smene urovnya uchebnykh nagruzok v usloviyakh vnedreniya innovatsionnoj obrazovatel'noj sistemy na territorii KХMAO-YUgry // Vestnik Surgutskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta. 2009. no. 1(4). pp. 5–17.

9. Flejshman A.N. Medlennye kolebaniya gemodinamiki. Novosibirsk, 1999. pp. 264.

10. Khrenkova V.V., Abakumova L.V., Ajdarkina M.E., Karsakova A.A., Karchava SH.K. Kompleksnaya otsenka funktsional'nogo sostoyaniya organizma shkol'nikov, obuchayushhikhsya po raznym uchebnym programmam // Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovanij. 2014. no. 1. pp. 31.

11. Khrenkova V.V., Abakumova L.V., Karsakova A.A., Zhuravleva M.V. Otsenka adaptatsionnykh vozmozhnostej studentov razlichnykh fakul'tetov Yzhnogo federal'nogo universiteta metodom variatsionnoj kardiointervalometrii // Vtoraya Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya «Obrazovanie, sport, zdorov'e v sovremennykh usloviyakh ehkologicheskoy sredy» (1–3 noyabrya 1013 g.). Rostov n/D: Yuzhnyj federal'nyj universitet, 2013. pp. 326–332

12. Shlyk N.I. Serdechnyj ritm i tip regulyatsii u detej, podrostkov i sportsmenov. Izd-vo «Udmurtskij universitet», 2009. 259 p.

13. Heart Rate Variability. Standarts of measurement // European Heart Journal. 1996. no. 17. pp. 354–381

14. Malik M., Bigger J.Th., Camm A.J., Kleiger R.E., Malliani A., Moss A.J., Schwartz P.J. «VSR. Standarty izmereniya, fiziologicheskoy interpretatsii i klinicheskogo primeneniya» // Vestnik aritmologii. 1999. no. 11. pp. 52–78.

**Рецензенты:**

Алейникова Т.В., д.б.н., профессор, Южно-Российский гуманитарный институт, г. Ростов-на-Дону;

Сухов А.Г., д.б.н., профессор, зав. отделом, Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону.

Работа поступила в редакцию 23.10.2014.