

ВЕГЕТАТИВНО-МЕТАБОЛИЧЕСКИЕ МЕХАНИЗМЫ РЕГУЛЯЦИИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА У ВОЕННОСЛУЖАЩИХ

[В. Ю. Куликов, Е. А. Арчибасова](#)

*ГБОУ ВПО «Новосибирский государственный медицинский университет» Минздрава
России (г. Новосибирск)*

При обследовании достаточно однородной возрастной группы военнослужащих с использованием показателей, оценивающих особенности вегетативной и метаболической регуляции ритма сердца, выявляются определенные закономерности, которые могут быть использованы в качестве критериев адаптации, либо дезадаптации, а также прогнозировании исходов поведения индивида в экстремальных условиях.

Ключевые слова: вариабельность ритма сердца, HF, LF, VLF, ката-анаболический гиперцикл, реакция восстановления.

Куликов Вячеслав Юрьевич — доктор медицинских наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, заведующий кафедрой нормальной физиологии ГБОУ ВПО «Новосибирский государственный медицинский университет», рабочий телефон: 8 (383) 225-07-37, e-mail: Kulikov_42@mail.ru

Арчибасова Елена Алексеевна — кандидат медицинских наук, доцент кафедры нормальной физиологии ГБОУ ВПО «Новосибирский государственный медицинский университет», рабочий телефон: 8 (383) 225-07-37

Введение. Сердечный ритм, как и регуляция других физиологических и патологических процессов регулируется, с одной стороны отделами вегетативной нервной системы, с другой комплексом метаболических систем и реакций, тесно взаимодействующих между собой [1]. Это положение, являющееся в течение многих лет практически неизменным, в последние годы дополняется новыми данными, рассматривающими эти взаимодействия в динамике с позиций нелинейных взаимодействий [2]. Действительно, при рассмотрении биологических систем в целом и регуляторных контуров в частности, с позиций неравновесных систем, создаются предпосылки для более детального анализа структуры вегетативно-метаболических взаимодействий и их последовательного включения в систему межорганых и межсистемных взаимодействий. Характер

реципрокных отношений между отделами ВНС достаточно хорошо изучен в целом, так же как и их взаимосвязь с эндокринно-метаболическими перестройками [3], однако варианты такого рода взаимодействий могут существенным образом изменяться в зависимости от состояния неравновесности [4, 5]. Как нам представляется, характер взаимодействия между отделами ВНС имеет синерго-антагонистический характер, т. е. при определенных состояниях увеличивается мощность как одного, так и другого отделов ВНС, при других эти взаимодействия приобретают антагонистический характер. По существу состояние неравновесности и можно рассматривать как вектор, который организует на различных уровнях (поэтажно) межорганные и межсистемные взаимодействия, естественно, при участии отделов ВНС [6, 7]. Для решения такой задачи необходимо наличие достаточно однородной группы лиц мужского пола с различной физической подготовкой, которой в полной мере соответствует группа военнослужащих. Представляется важным, что при проведении таких исследований, направленных на анализ комбинаторики взаимодействий отделов ВНС и эндокринно-метаболических процессов в условиях различной физической подготовки, могут быть решены вопросы не только оценки адаптивных возможностей индивида, но и разработаны критерии прогноза его поведения в экстремальных условиях, требующих максимального психофизиологического напряжения [8].

Цель исследования: провести анализ вариантов взаимодействий отделов ВНС и эндокринно-метаболических процессов в условиях различной физической подготовки у военнослужащих.

Материалы и методы. Было обследовано 45 военнослужащих мужчин в возрасте от 20 до 48 лет, после их добровольного информированного согласия. Запись кардиоинтервалограммы выполняли с использованием аппаратно-программного комплекса фирмы «Нейрософт», аппаратно-программного комплекса «КардиоБОС» (разработчик канд. мед. наук О. В. Сорокин), позволяющего проводить автоматическую обработку данных variability ритма сердца (VPC). Запись кардиоинтервалограммы проводилась в течение 5 минут, в состоянии покоя. Для анализа были использованы наиболее общие показатели, отражающие механизмы регуляции VPC и влияющие на его особенности. Это возраст, variability ритма сердца (VR), парасимпатическое влияние (HF), симпатическое влияние (LF), влияние гуморально-метаболических факторов (VLF).

Дополнительно, для решения поставленных задач были использованы два индекса. Первый отражает баланс между симпатическим и парасимпатическим отделами ВНС (LF/HF), второй коэффициент был нами предложен как суммарный индекс вегетативной неравновесности (СИВН) оцениваемый по суммарной мощности отделов ВНС, т. е. СИВН = LF + HF.

Результаты исследований. С использованием как параметрических, так и непараметрических методов описательной статистики была оценена достоверность отличий регистрируемых показателей между выделенными группами. В таблице представлены данные о возрасте обследованных лиц, который с высоким уровнем достоверности ($P < 0,0001$), отличался между выделенными возрастными группами, в то время как не было выявлено достоверных отличий между основными показателями, участвующими в регуляции VPC — VR, LF, VLF, за исключением показателя HF, который достоверно отличался между первой и третьей группами. В первой группе этот показатель был равен $26,15 \pm 4,20$, то в третьей он равнялся $14,6 \pm 2,9$ при $P < 0,05$.

Распределение обследованных лиц по возрасту

№	Группы	К-во	Возраст (М ± m)
1	Общая	45	34,93 ± 1,07
2	Группа 1 — 20-30 лет	13	26,23 ± 0,59
3	Группа 2 — 30-40 лет	22	35,59 ± 0,71
4	Группа 3 — старше 40	10	44,80 ± 0,71

Примечание: уровень достоверности $P_{1-2, 2-3, 3-4} < 0,0001$

На первом этапе работы был проведен анализ характера взаимодействия между симпатическим и парасимпатическими отделами ВНС, на основании анализа нелинейной корреляции между HF и LF. Эти данные представлены на рис. 1.

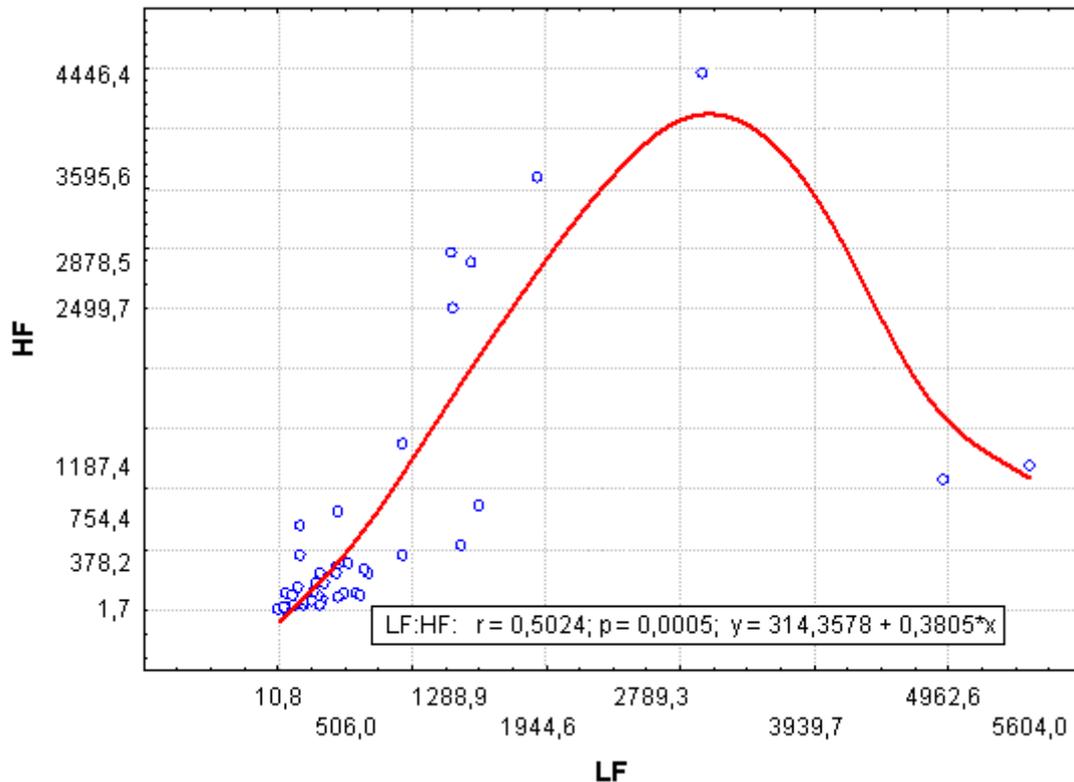


Рис. 1. Корреляция между HF и LF в общей группе военнослужащих

Как видно из представленных данных, действительно, при увеличении мощности симпатического отдела ВНС (LF) практически линейно увеличивается мощность и парасимпатического отдела (HF), т. е. выполняются классические положительные корреляции (эффект синергизма) между отделами ВНС. Но при дальнейшем увеличении LF, активность парасимпатических влияний резко падает, отражая, наступление отрицательной корреляции, т. е. формирование антагонистических взаимоотношений. В условиях формирования таких корреляций между отделами ВНС особую важность и интерес приобретает характер реагирования метаболической компоненты, обозначаемой как VLF. На следующем этапе были проанализированы варианты реагирования и зависимости VLF от основных факторов, участвующих в регуляции ВРС. Так, на рис. 2 и 3 представлены данные о корреляции показателя VLF от суммарного индекса вегетативной неравновесности и индекса, отражающего преобладание того, либо иного отделов ВНС, т. е. $K = LF/HF$.

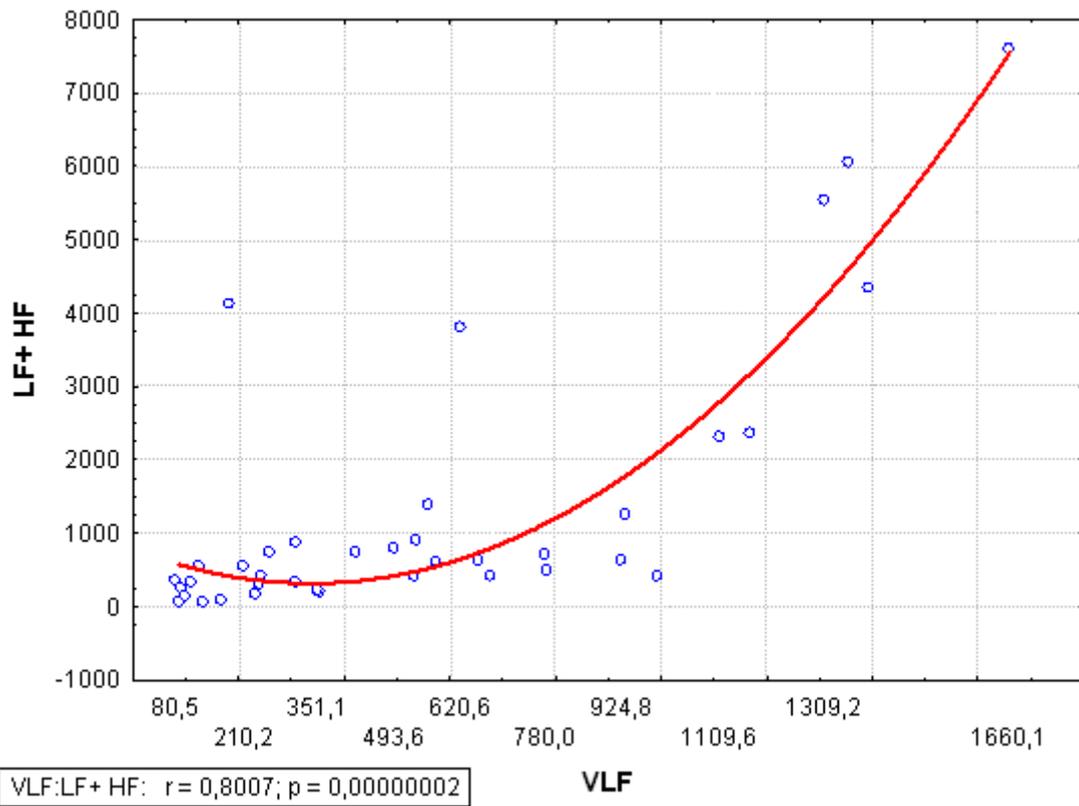


Рис. 2. Зависимости мощности VLF от суммарного индекса вегетативной неравновесности (СИБН)

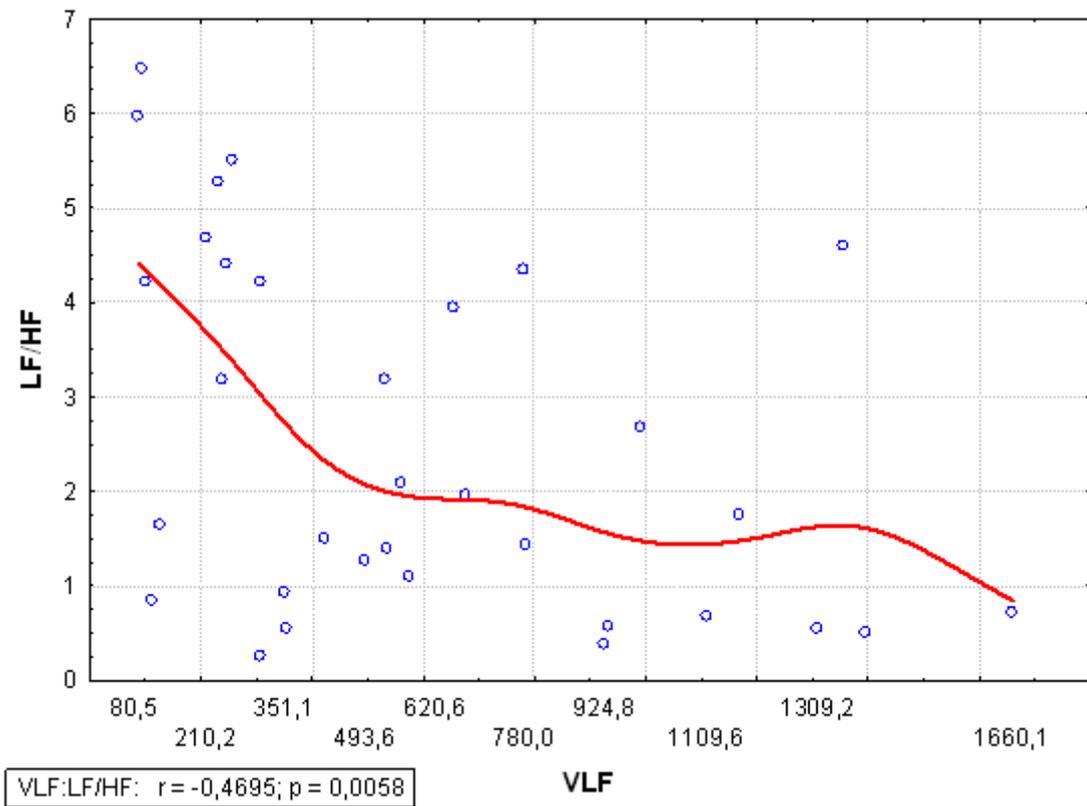


Рис. 3. Зависимости мощности VLF от индекса $K = LF/HF$

На рис. 2 видна отчетливая и высоко достоверная зависимость VLF от индекса вегетативной неравновесности из которой следует, чем мощность метаболических

реагирований, в основном в большей степени определяется суммарным индексом вегетативной неравновесности, чем балансом между отделами ВНС, что видно из рис. 3, где характер зависимости отражает неожиданную зависимость, проявляющуюся в том, что при увеличении коэффициента $K = LF/HF$, т. е. при преобладании симпатического отдела ВНС мощность VLF минимальна. Это кажущееся противоречие объясняется, как нам представляется тем, что расчетный коэффициент соотношения между LF и HF не увязывается с состоянием неравновесности, поскольку один и тот же коэффициент может быть получен на различных уровнях неравновесности биологической системы в целом и метаболических процессов, в частности. На следующем этапе был проведен анализ зависимости между VLF и отделами ВНС, который представлен на рис. 4 и 5.

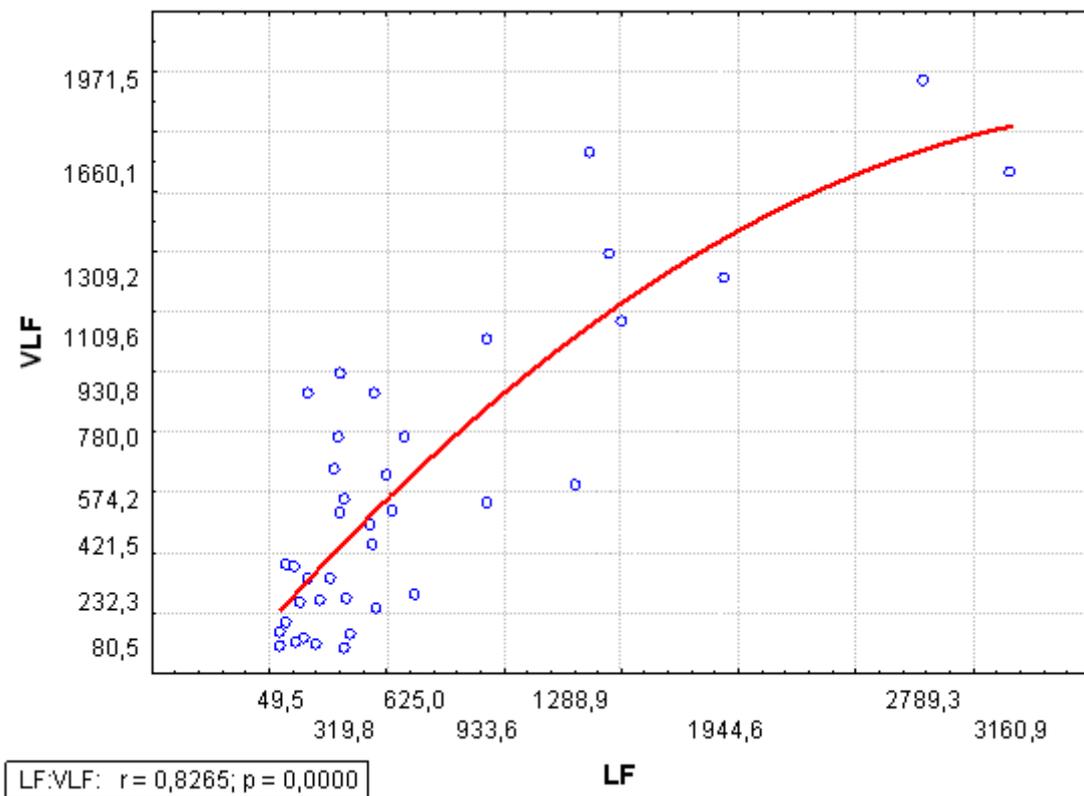


Рис. 4. Зависимость мощности VLF от мощности LF

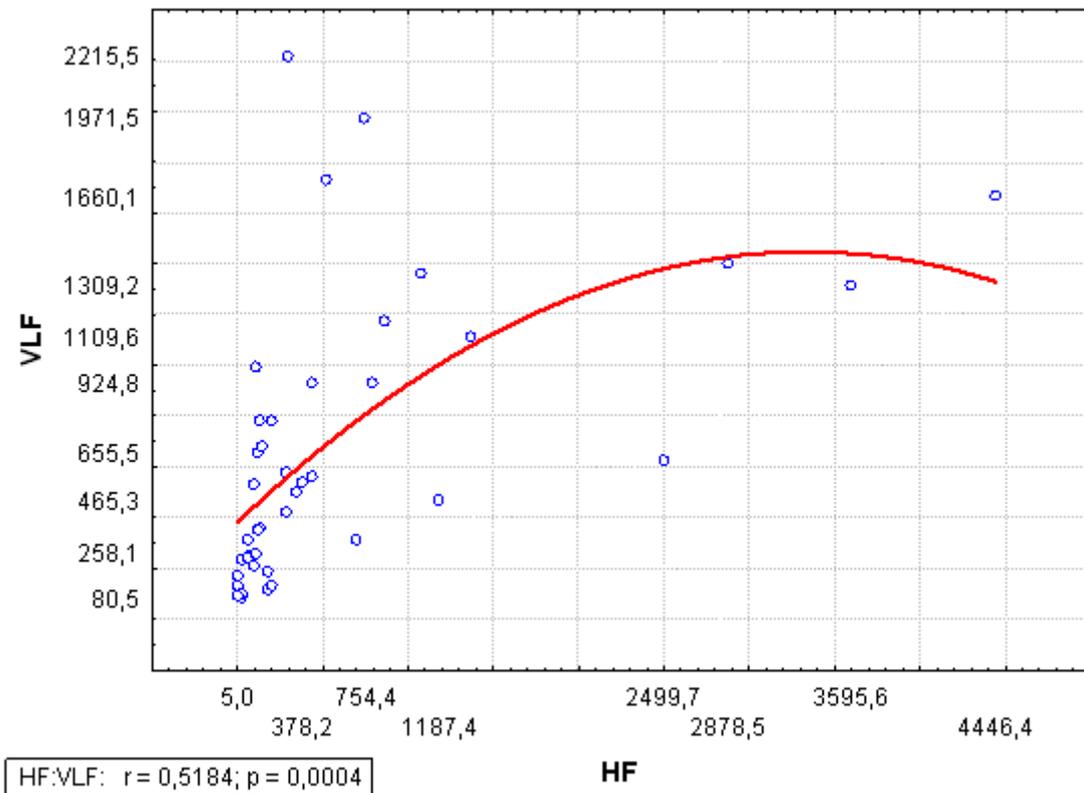


Рис. 5. Зависимость мощности VLF от мощности HF

Сравнивая кривые, представленные на рис. 4 и 5, мы убеждаемся в том, что симпатический отдел ВНС (LF) оказывает более выраженное воздействие на метаболическую компоненту, чем парасимпатический отдел. Действительно, на рис. 5 видно, что при увеличении HF мощность VLF медленно возрастает и стабилизируется на некоем стационарном уровне, что свидетельствует о том, что в области максимальной неравновесности и увеличении мощности отделов ВНС метаболические перестройки в большей степени определяются мощностью симпатического отдела ВНС, чем парасимпатического. Возвращаясь к данным, представленным на рис. 1, можно сделать вывод о том, что метаболическая компонента систем регуляции ВРС включается на этапе доминирования симпатического отдела, когда снижается активность парасимпатического влияния и межорганные и межсистемные процессы переходят на уровень максимальной неравновесности, свидетельствуя о наступлении состояния дезадаптации. Именно на этом уровне весь комплекс метаболических процессов организма направлен на выполнение максимума внешней работы, за которую отвечают LF и VLF, в то время как процессы восстановления, потенцируемые HF, не адекватны энергетическим, пластическим и информационным затратам. Увеличение мощности метаболической компоненты, в условиях депрессии парасимпатического отдела ВНС, оказывает сильное влияние на вариабельность ритма сердца, что видно на рис. 6. Эта зависимость высоко достоверна и носит практически линейный характер, отражая, по-видимому, лишь частный вариант наиболее общей закономерности вклада отделов ВНС и эндокринно-метаболических перестроек в условиях дискретных изменений состояния неравновесности в регуляцию метаболизма и основного обмена в целом.

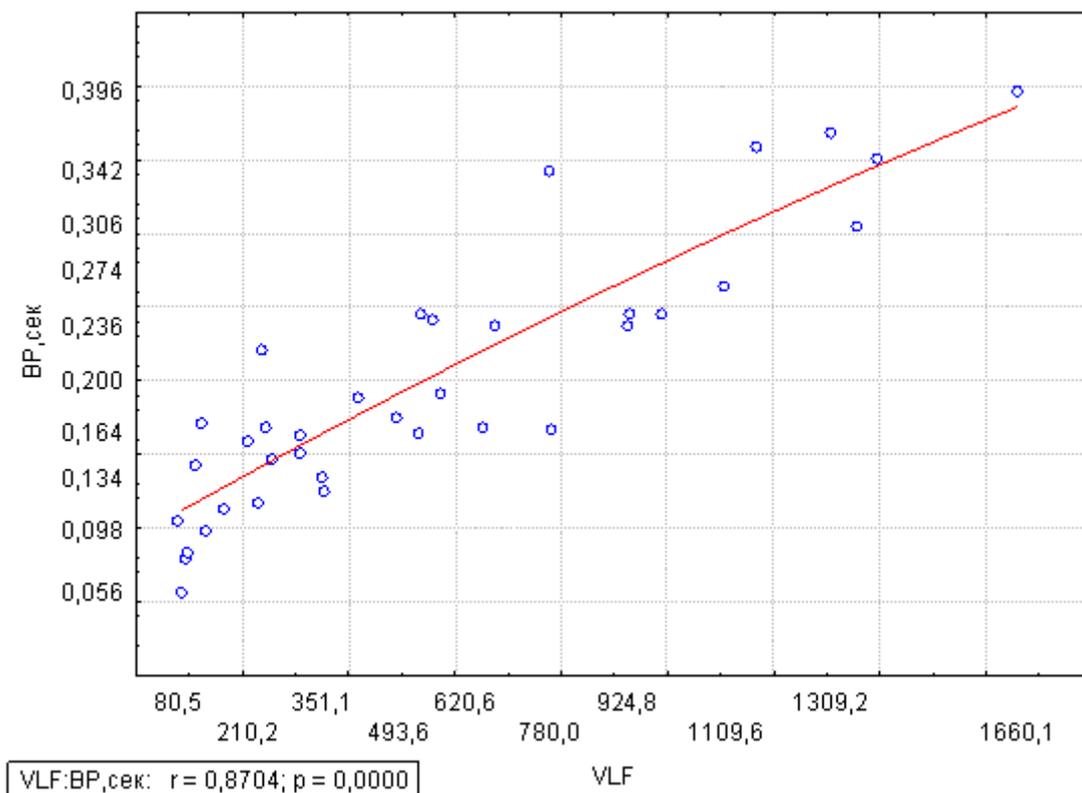


Рис. 6. Зависимость variability ритма сердца (вариационный размах) от мощности метаболической компоненты VLF

Обсуждение результатов. Таким образом, проведенные исследования показали, что при обследовании достаточно однородной возрастной группы военнослужащих с использованием показателей, естественно с определенными оговорками, оценивающих особенности вегетативной и метаболической регуляции, выявляются определенные закономерности их взаимосвязей, которые могут быть использованы в качестве критериев адаптации, либо дезадаптации, а также прогнозирования исходов поведения индивида в экстремальных условиях. Можно предположить, что процессы адаптивного напряжения проявляются в первую очередь тем, что между LF и HF, т. е. отделами ВНС сохраняются аддитивные взаимоотношения, когда повышение мощности одного отдела сопровождается аналогичным повышением другого. В этом случае ката-анаболический гиперцикл замыкается на определенных дискретных уровнях регуляции, свидетельствуя о том, что величина траты энергетических, пластических и информационных компонент (максимум внешней работы), уравниваются анаболическими процессами (максимум внутренней работы) [9]. На рис. 1 такая закономерность прослеживается достаточно четко. При дальнейшем увеличении максимум внешней работы, оцениваемой по увеличению мощности LF, ката-анаболический гиперцикл сдвигается в сторону катаболизма, когда в системы регуляции включается метаболическая компонента (VLF), оказывающая сильное и достоверное влияние на variability ритма сердца [10]. Мобилизация этого регуляторного контура, естественно связана с активацией симпатического отдела ВНС, эффективность стимулирующего влияния которого дополняется депрессией парасимпатического отдела, т. е. снижения максимума внутренней работы. Это состояние уже ассоциируется с процессами дезадаптации, которая проявляется в определенной величине биосоциальной «платы». Касательно функции миокарда, такое состояние дезадаптации чревато наступлением диастолической дисфункции, как самого раннего проявления депрессии восстановительных процессов, названных как «синдром регенераторно-пластической недостаточности» [11].

По существу можно утверждать, что снижение эффективности восстановительных процессов (максимум внутренней работы), является универсальным механизмом не только локальных, но и системных нарушений, которые целесообразно рассматривать с позиции физиологии как состояние дезадаптации, с точки зрения клиники их можно отнести к преморбидным состояниям, требующим адекватной коррекции с применением медикаментозных и немедикаментозных мероприятий.

Рассматривая клиническую значимость ката-анаболического гиперцикла и его регуляцию изменяющимся балансом между отделами ВНС и метаболизмом в условиях неравновесных дискретных состояний, следует обратить внимание на то, что данный феномен имеет фундаментальное значение и реализуется в виде определенного универсального «витального алгоритма» на различных уровнях организации биологических систем. Так, например, чередование сна и бодрствования, и это хорошо известно, регулируется отделами вегетативной системы, когда симпатический отдел регулирует состояние бодрствования, а реакцию восстановления во время сна контролирует вагус. Понятно, что эффективность процессов восстановления в этом случае, т. е. качество сна, определяет работоспособность индивида в фазу бодрствования, а нарушение сна, как и диастолическая дисфункция, является, с одной стороны, наиболее ранним проявлением дезадаптации и надвигающейся патологии, с другой, отражает темпы индивидуального старения индивида, за счет депрессии ваготропных эффектов.

Выводы. Следовательно, есть все основания к тому, чтобы в рамках осмысления физиологической и патогенетической значимости ката-анаболического гиперцикла, особое внимание обратить на реакцию восстановления и варианты её функционирования в норме и патологии как универсального механизма восстановления энергетических, пластических и информационных компонент биологических систем в целом [12]. Именно эти потоки обеспечивают не только эффективное взаимодействие биосистем с окружающей средой, но и должны обеспечивать полноценные восстановительные процессы, за счет программируемого изменения синерго-антагонистических взаимодействий между отделами ВНС и метаболизмом. В рамках этих положений особенно актуальным, по нашему мнению, становится разработка комплексных мероприятий медикаментозного и не медикаментозного характера, по направленному управлению реакцией восстановления как в клинической, так и профилактической медицине.

Список литературы

1. Михайлов В. М. Вариабельность ритма сердца : опыт практического применения метода [Электронный ресурс] / В .М. Михайлов. — Режим доступа : (<http://neurosoft.ru/rus/product/book/hrv-2/index.aspx>). — Дата обращения : 14.04.2015.
2. Флейшман А. Н. Вариабельность ритма сердца и медленные колебания гемодинамики / Нелинейные феномены в клинической практике / А. Н. Флейшман. — Изд-во СО РАН, 2009. — 194 с.
3. Ендолов В. В. Строение и функции вегетативной (автономной) нервной системы [Электронный ресурс] / В. В. Ендолов, М. С. Муравьева. — Режим доступа : (<http://kineziolog.bodhy.ru/content/vegetativnaya-nervnaya-sistema>). — Дата обращения : 14.04.2015.
4. Ризниченко Н. Ф. Математические модели биологических продукционных процессов / Н. Ф. Ризниченко, А. Б. Рубин. — М. : Изд-во МГУ, 1993. — 300 с.
5. Николис Г. Самоорганизация в неравновесных системах / Г. Николис, И. Пригожин. — М. : Мир, 1979. — 512 с.

6. Баевский Р. М. Оценка адаптационных возможностей организма и риск развития заболеваний / Р. М. Баевский, А. П. Берсенева. — М. : Медицина, 1997. — 265 с.
7. Анализ variability сердечного ритма при использовании различных электрокардиографических систем : метод. рекомендации / Р. М. Баевский [и др.]. — М., 2002. — 53 с.
8. Пиковская Н. Б. Оценка реактивности и баланса отделов вегетативной нервной системы / Н. Б. Пиковская // Вопросы сохранения и развития здоровья населения севера и Сибири : сб. тр. науч.-практич. конф. — Красноярск, 2010. — С. 60-62.
9. Куликов В. Ю. Биотермодинамика (концепция ката-анаболического синтеза) / В. Ю. Куликов // Бюл. СО РАМН. — 1996. — № 1. — С. 6-8.
10. Бань А. С. Вегетативный показатель для оценки variability ритма сердца спортсменов [Электронный ресурс] / А. С. Бань, Г. М. Загородный. — Режим доступа : (belmaro.by/downloads/sport_med/2011/sport/15.doc). — Дата обращения : 14.04.2015.
11. Непомнящих Г. И. Биопсия бронхов : морфогенез общепатологических процессов в легких / Г. И. Непомнящих. — М. : Изд-во РАМН, 2005. — 384 с.
12. Казначеев В. П. Мысли о проблемах общей патологии на рубеже XXI века / В. П. Казначеев, Г. И. Непомнящих. — Препринт, 2000. — 50 с.

VEGETATIVE AND METABOLIC MECHANISMS OF REGULATION OF CARDIAC RHYTHM AT MILITARY PERSONNEL

[V. Y. Kulikov, E. A. Archibasova](#)

SBEI HPE «Novosibirsk State Medical University of Ministry of Health» (Novosibirsk)

Certain patterns which can be used as criteria of adaptation, or disadaptation, and also forecasting of outcomes of behavior of the individual in stress conditions are revealed at inspection of rather homogeneous age group of the military personnel with usage of indicators estimating features of vegetative and metabolic regulation of a cardiac rhythm.

Keywords: variability of cardiac rhythm, HF, LF, VLF, kata-anabolic hyper cycle, restoration reaction.

About authors:

Kulikov Vyacheslav Yuryevich — doctor of medical science, professor, honored scientist of the RF, head of normal physiology chair at SBEI HPE «Novosibirsk State Medical University of Ministry of Health», office phone: 8 (383) 225-07-37, e-mail: Kulikov_42@mail.ru

Archibasova Elena Alekseevna — candidate of medical science, assistant professor of normal physiology chair at SBEI HPE «Novosibirsk State Medical University of Ministry of Health», office phone: 8 (383) 225-07-37

List of the Literature:

1. Mikhaylov V. M. Variability of cardiac rhythm : experience of practical application of method [electron resource] / V. M. Mikhaylov. — Access mode : (<http://neurosoft.ru/rus/product/book/hrv-2/index.aspx>). — Date of the address : 14.04.2015.
2. Fleishman A. N. Variability of cardiac rhythm and slow fluctuations of haemodynamics. Nonlinear phenomena in clinical practice / A. N. Fleishman. — Publishing house of the SB of the RAS, 2009. — 194 p.
3. Endolov V. V. Structure and function of vegetative (autonomous) nervous system [electron resource] / V. V. Endolov, M. S. Muravyeva. — Access mode : (<http://kineziolog.bodhy.ru/content/vegetativnaya-nervnaya-sistema>). — Date of the address : 14.04.2015.
4. Riznichenko N. F. Mathematical models of biological productional processes / N. F. Riznichenko, A. B. Rubin. — M. : Publishing house of MSU, 1993. — 300 p.
5. Nikolis G. Self-organization in nonequilibrium systems / G. Nikolis, I. Prigozhin. — M. : World, 1979. — 512 p.
6. Bayevsky R. M. Assessment of adaptic opportunities of organism and risk of development of diseases / R. M. Bayevsky, A. P. Berseneva. — M. : Medicine, 1997. — 265 p.
7. The analysis of variability of cardiac rhythm at using various electrocardiographic systems:

- method. guidance / R. M. Bayevsky [et al.]. — M., 2002. — 53 p.
8. Pikovsky N. B. Assessment of reactivity and balance of departments of vegetative nervous system / N. B. Pikovskaya // Questions of conservation and development of health of the population of the North and Siberia: theses of scient.-pract. conference. — Krasnoyarsk, 2010. — P. 60-62.
 9. Kulikov V. Y. Biothermodynamics (concept of kata-anabolic synthesis) / V. Y. Kulikov // Bulletin of the SB of RAMS. — 1996. — N 1. — P. 6-8.
 10. Ban A. S. Vegetative indicator for assessment of variability of cardiac rhythm of athletes [electron resource] / A. S. Ban, G. M. Zagorodny. — Access mode : (belmapo.by/downloads/sport_med/2011/sport/15.doc). — Date of the address : 14.04.2015.
 11. Nepomnyashchy G. I. Biopsy of bronchi : a morphogenesis of all-pathological processes in lungs / G. I. Nepomnyashchy. — M. : Publishing house of the RAMS, 2005. — 384 P.
 12. Kaznachejev V. P. Problems of the general pathology at a turn of the XXI century / V. P. Kaznachejev, G. I. Nepomnyashchy. — Pre-print, 2000. — 50 p.