

С его помощью расширяются методические и физиологические возможности обучения всадников выездке; оттачивания мастерства у спортсменов высокого уровня; прогнозирования спортивных результатов; своевременного выявления и корректировки асимметрий в работе мышц; контроля показателей ССС, дыхательной, нервно-мышечной систем организма во время специальной тренировки и совершенствования способов их оптимизации.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Методические основы клинической электронной миографии : рук. для врачей / В.Н. Команцев, В.А. Заболотных. – СПб. : Лань, 2001. – 350 с. – ISBN 5-8114-0299-6
2. Пигарева, С.Н. Функциональная асимметрия четырёхглавой мышцы бедра у лиц, занимающихся физической культурой и спортом при выполнении этапно-дозированной нагрузки до отказа / С.Н. Пигарева // *Акад. Ж. Зап. Сибири.* – 2015. – № 3 (58). – Т. 11. – С. 70-71.
3. Пигарева, С.Н. Исследование функциональной моторной асимметрии в работе четырёхглавых мышц бедра у лиц, занимающихся физической культурой при выполнении интенсивной физической нагрузки / С.Н. Пигарева, Н.А. Фудин // *Спортивная медицина: наука и практика.* – 2015. – № 4. – С. 31-35.
4. Дембо, А.Г. Спортивная кардиология : руководство для врачей / А.Г. Дембо, Э.В. Земцовский. – Л. : Медицина, 1989. – 464 с. – ISBN 5-225-01640-5.

#### REFERENCES

1. Komantsev, V.N. and Zabolotnykh, V.A. (2001), *Methodical bases of clinical electroneurography: a guide for doctors*, Lan, St. Petersburg.
2. Pigareva, S.N and Fudin N.A. (2015), “Functional asymmetry quadriceps femoris by persons engaged in physical culture and sports in the performance of phasing-dosed load to failure», *Acad. J. West Siberia*, No 3 (58), Vol. 11, pp. 70-71.
3. Pigareva, S.N. and Fudin, N.A. (2015), “Functional motor asymmetry in the quadriceps in subjects doing high intensity physical exercise”, *Sports medicine: research and practice*, No. 4, pp. 31-35.
4. Dembo, A.G, and Zemtsovsky, E.V. (1965), *Sports cardiology: a guide for doctors*, Medicine, Leningrad.

**Контактная информация:** fotinippa@mail.ru

*Статья поступила в редакцию 27.09.2016*

**УДК 613.731:613.735**

### **ПРОГНОЗ И ПРОФИЛАКТИКА НАРУШЕНИЙ СЕРДЕЧНОГО РИТМА ПРИ ФИЗИЧЕСКОЙ НАГРУЗКЕ**

*Андрей Леонидович Похачевский, доктор медицинских наук, доцент, Академия ФСИИ России, г. Рязань; Евгений Леонидович Комиссаров, доцент, Алексей Викторович Фомичев, старший преподаватель, Сергей Александрович Глушков, старший преподаватель, Александр Николаевич Воробьев, старший преподаватель, ВИПЭ ФСИИ России, г. Вологда*

#### **Аннотация**

Актуальность: нарушение эффективности сердечных сокращений связанное с возникновением аритмий не редкое явление при физической нагрузке (ФН). Цель: изучить связь изменчивости сердечного ритма с физической работоспособностью в условиях предельных нагрузок. Материалы и методы. Обследовано 78 учащихся 19±2 лет. Проведено максимальное велоэргометрическое тестирование, кардиоритмограмма которого remodelирована математически. Выявлен критерий модели Т, характеризующий отзывчивость миокарда на регуляторные влияния. Определена его связь (Spearman) с нарушениями СР. Результаты. Снижение чувствительности миокарда к регуляторным влияниям, обуславливая снижение переносимости ФН, может приводить к нарушениям СР. Феномен одиночной экстрасистолии на высоте нагрузки – признак регуляторной ареактивности миокарда, возникшей вследствие физической перегрузки. Критерий Т является маркером регуляторной чувствительности миокарда и предиктором нагрузочных нарушений СР. Выводы. Патогенез нагрузочных нарушений СР связан с нарушением регуляторной чувствительности миокарда.

зочных нарушений СР обуславливается минимумом чувствительности миокарда к регуляторным влияниям. Формирование смешанной выносливости расширяет возможности вегетативного регулирования, определяя устойчивость СР.

**Ключевые слова:** велоэргометрия, кардиоритмограмма, нагрузочная толерантность, смешанная выносливость, экстрасистолия.

## **PROGNOSIS AND PREVENTIVE MEASURES FOR HEART BEAT DISORDER UNDER EXERCISE CONDITIONS**

*Andrey Leonidovich Pokhachevskiy, the doctor of medical sciences, senior lecturer, The Academy of the FPS of Russia, Ryazan, Evgeniy Leonidovich Komissarov, senior lecturer, Aleksey Viktorovich Fomichev, senior teacher, Sergey Aleksandrovich Glushkov, senior teacher, Alexander Nikolaevich Vorobyov, senior teacher, the Vologda Institute of Law and Economics of the Federal Penal Service of Russia, Vologda*

### **Annotation**

Rationale: the heart beat efficacy disturbance connected with arrhythmia emergence is not a rare case under physical exercise (PE) conditions. Goal: to examine the relation between the heart beat (HB) variability and physical capability under limiting physical load. Materials and methods. We examined 78 students of 19±2 years old. We performed maximal ergometry testing, the cardiac rhythmgram of which was remodeled mathematically. We revealed a model criterion T characterizing the myocard response to regulatory impacts. We determined its relation (Spearman) with HB disturbance. Results. Decrement of the myocard sensory to regulatory impacts that makes conditions for PE tolerance decrease can lead to HB disturbance. The phenomenon of a single extrasystole at the loading peak is a symptom of the myocard regulatory non-responsiveness emerged due to physical overload. The T criterion is a marker for regulatory sensibility of the myocard and a predictor of load HB disturbance. Conclusions. The pathogenesis of load HB disturbance is determined by the minimal sensibility of the myocard to regulatory impacts. Formation of mixed endurance expands opportunities for vegetative regulation by conditioning the HB stability.

**Keywords:** bicycle ergometry, cardiac rhythmgram, loading tolerance, mixed endurance, extrasystole.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Нарушение эффективности сердечных сокращений связанное с возникновением аритмий не редкое явление при физической нагрузке. Выяснение причин настоящей дезадаптации и поиск профилактических подходов остается актуальной задачей определяющей как спортивное совершенствование, так и оздоровительную направленность физических упражнений. Цель работы: изучить связь изменчивости сердечного ритма с физической работоспособностью в условиях предельных нагрузок.

### **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

Максимальное велоэргометрическое тестирование осуществлялось по индивидуальному протоколу [1, 3]. Мощность  $W_1$  (Ватт) первой ступени длительностью 3 минуты рассчитывалась по величине должного основного обмена (ДОО) в килокалориях по формуле  $W_1(\text{Вт}) = \text{ДОО} \times 0,1$  (ДОО из таблиц Гарриса-Бенедикта) [1]. Далее гамп-протокол (инкремент 30 Вт, длительность 1 мин) до индивидуального максимума – снижения скорости педалирования ниже 30 об/мин, определяющего конец нагрузки и начало восстановительного периода длительностью 7 минут.

Нагрузочные пробы проводились в первой половине дня с 8 до 12 часов на велоэргометре Corival (Lode). В период тестирования анализатором «ПолиСпектр-12» (Нейрософт) записывалась электрокардиограмма. Изменчивость последовательного временного ряда RR-интервалов – кардиоритмограмма (КРГ) моделировалась в период нарастания ЧСС модулем отклонений от наилучшего линейного тренда и средним квадратичным отклонением – в период стабилизации ЧСС (рисунок 1). При этом тенденция отклонений (линейная регрессия – «с») достигала значения T2 – момента вхождения в интервал 3σ участка стабилизации ЧСС (d) [2].

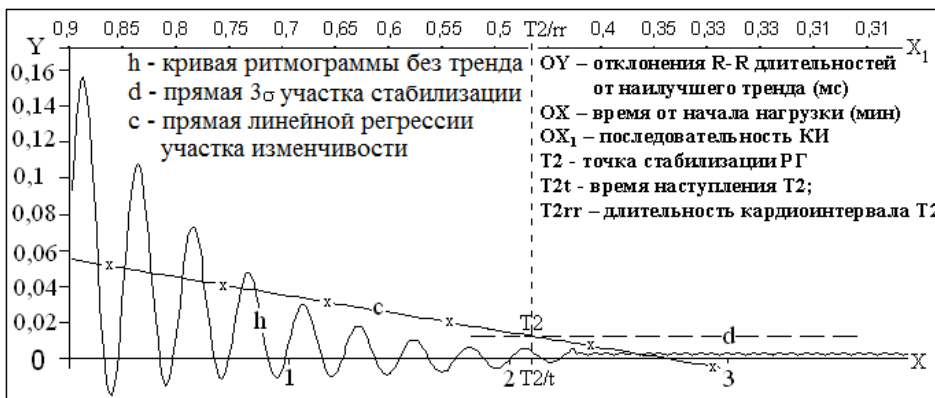


Рисунок – Схема математической модели кардиограммы

Изучался временной интервал  $T2t$ , определяющий длительность периода чувствительности миокарда к регуляторным влияниям,  $T2gr$  – кардиоинтервал (КИ)  $T2$ , критерии линейной регрессии «с» ( $y=a \cdot X+b$ , где  $a$  – показатель скорости стабилизации – снижения изменчивости  $CP$ ,  $b$  – ее постоянная составляющая).

Результаты обрабатывались статистическими пакетами Microsoft Excel 7 и Statistica 6.0. Так как распределение значений отличалось от нормального закона, данные представлены в виде перцентилей (Пц). Для статистической обработки использованы непараметрические методы корреляции (Spearman), сравнения (Mann-Whitney).

Во время эргометрии в группах практически здоровой молодежи на высоте нагрузки выявлены одиночные экстрасистолы (ЭС) наджелудочкового, реже желудочкового происхождения. Изучение причин нарушений  $CP$  не выявило связи с максимальной мощностью нагрузки, средней и максимальной ЧСС. Вероятная основа этих нарушений – изменение чувствительности миокарда к регуляторным влияниям [2]. С целью подтверждения настоящей гипотезы, обследовано 78 учащихся ( $19 \pm 2$  лет). Первая группа (42 чел.), не имеющие отношения к систематическим ФН. Вторая группа (36 чел.) действующие спортсмены лыжники и легкоатлеты первый спортивного разряда (16 чел.) и КМС (20 чел.).

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Существенность межгрупповых различий по большинству изучаемых показателей позволяет определить аэробно-анаэробную выносливость основным отличительным признаком. При этом более длительному периоду изменчивости КРГ –  $T2t$  (Т) во 2 группе, определяющему большую чувствительность миокарда к регуляторным влияниям ВНС, соответствует преобладающая переносимость ФН (таблица).

Таблица – Переносимость ФН и маркеры математической модели КРГ

Группа	Пц	W (Ватт)	$T2t$ (сек)	$T2gr$ (сек)	a	b
1	25	90,0	144,5	0,36	-1,9	0,022
	50	120,0	200,2	0,37	-1,1	0,031
	75	150,0	231,2	0,39	-0,8	0,040
2	25	235,0	323,3	0,43	-0,07	0,023
	50	240,0	356,4	0,44	-0,05	0,028
	75	270,0	413,8	0,47	-0,04	0,035

\* Межгрупповые различия статистически существенны по всем показателям ( $p < 0.001$ ) за исключением  $O3$  ( $p > 0.01$ )

Существенность межгрупповых различий по всем изучаемым показателям позволяет определить аэробно-анаэробную выносливость основным отличительным критерием, тогда как обнаруженные нарушения  $CP$  (частота ЭС в 1 группе 36%), характеризуются обратной взаимосвязью с регуляторной отзывчивостью миокарда. При этом: наличие

(1), количество ЭС (2) и время до их возникновения (3) определенно связано с критерием T2t ( $r_{1,2,3} = -0.77, -0.41, -0.8; p < 0.05$ ). Во второй группе нарушений СР не выявлено. Тем не менее, в группе с максимальной переносимостью ФН (75 чел.), выделенной из смешанной популяции (248 чел.) кластерным анализом КРГ, выявлено 6 человек (8%) с наджелудочковыми ЭС на высоте нагрузки (доверительный интервал ЭС по T2t: 228,7 – 238,3 сек). Вскрытые нарушения СР имели перегрузочно-перетренировочный генез, разбор которых в настоящей статье не приводится.

Высокий уровень обратной корреляционной зависимости между наличием ЭС и маркером модели КРГ, определяющим чувствительность миокарда к регуляторным влияниям автономной нервной системы, косвенно указывает на участие изучаемого качества в патофизиологии нарушений СР. Среднее значение критерия T2t (123,0 сек) и его доверительный интервал (119,2 – 127,9 сек), соответствующие проявлению ЭС в 1 группе, обуславливают регуляционный порог ее манифестации, отвечающий групповому минимуму настоящего критерия. Следовательно, патогенез нарушений СР на пике ФН обуславливается минимумом отзывчивости миокарда к регуляторным влияниям, в основе которой вероятно лежит дистрофия миокарда, клеток водителя ритма и проводящей системы. Отсутствие нарушений СР во 2 группе при существенно большей переносимости ФН, обусловленное длительной регуляторной отзывчивостью миокарда, подтверждает наше предположение.

Результаты сравнения групп, различающихся уровнем чувствительности миокарда к регуляторным влияниям, свидетельствуют о возрастании устойчивости СР к экстракардиальным влияниям при усилении чувствительности. Прямая связь настоящего феномена с улучшением переносимости ФН, позволяет использовать процесс формирования выносливости с целью расширения адаптационных возможностей организма, включая профилактику нарушений СР.

Таким образом, расширение регуляционной восприимчивости миокарда обуславливает улучшение переносимости ФН. Распознавание маркеров регуляционной чувствительности и выявление их динамики, которая обнаруживает не только физическое качество – выносливость, но и прогнозирует возникновение экстрасистолии, позволяет подтвердить ключевое значение данного качества и его регуляторной подоплеки в расширении адаптационных возможностей организма в целом.

## ВЫВОДЫ

Снижение чувствительности миокарда к регуляторным влияниям, обуславливая нагрузочную интолерантность и дезадаптацию, может приводить к нарушениям СР, при этом феномен одиночной экстрасистолии на высоте нагрузки – признак регуляторной ареактивности сердечной мышцы. Критерий T2t является маркером регуляторной чувствительности миокарда и предиктором нагрузочных нарушений СР, патогенез которых обуславливается минимальным уровнем отзывчивости миокарда. Формирование смешанной выносливости расширяет возможности вегетативного регулирования, обуславливая устойчивость СР к аритмиям.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Михайлов, В.М. Нагрузочное тестирование под контролем ЭКГ: велоэргометрия, тредмилл-тест, степ-тест, ходьба / В.М. Михайлов. – Иваново : Талка, 2008. – 545 с.
2. Теоретические подходы и практические возможности изучения сердечного ритма при физической нагрузке / А.Л. Похачевский, А.Б. Петров, С.А. Глушков, А.В. Фомичев, А.Н. Воробьев // Ученые записки университета имени П.Ф. Лесгафта. – 2015. – № 11 (129). – С. 211-219.
3. Enhanced Predictive Power of Quantitative TWA During Routine Exercise Testing in the Finnish Cardiovascular Study / M. Minkkinen, M. Kähönen, J. Viik, K. Nikus, T. Lehtimäki, R. Lehtinen, T. Kõõbi, V. Turjanmaa, W. Kaiser, R.L. Verrier and T. Nieminen // Journal of Cardiovascular Electrophysiology. – 2009. – Vol 20. – No 4. – P. 408-415.