

# Исследование функциональных резервов сердечно-сосудистой системы спортсменов в процессе соревновательной деятельности с использованием частотного и фрактального методов

Ткачук В.Г., Битко С.Н.

*Национальный педагогический университет имени М.П. Драгоманова*

*Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт»*

## Аннотации:

Рассмотрены особенности реакции сердечно-сосудистой системы на физические нагрузки в подготовительный период. Исследования проводились до и после чемпионата Европы 2009 г. Приведен математический анализ ритма сердца. Изучены частотный и фрактальный методы исследования кардиоритма спортсменов сборной Украины по тaeквондо. Показана информативность некоторых показателей фрактальности кардиоритма (коэффициент Херста) для определения готовности спортсмена к соревновательной деятельности.

Ткачук В.Г., Битко С.Н. Дослідження функціональних резервів серцево-судинної системи спортсменів у процесі змагальної діяльності з використанням частотного і фрактального методів. Розглянуто особливості реакцій серцево-судинної системи на фізичні навантаження в підготовчий період. Дослідження проводилися до і після чемпіонату Європи 2009 р. Наведено математичний аналіз ритму серця. Вивчено частотний і фрактальний методи дослідження кардіоритму спортсменів збірної України з тaeквондо. Показано інформативність деяких показників фрактальності кардіоритму (коефіцієнт Херста) для визначення готовності спортсмена до змагальної діяльності.

Tkachuk V.G., Bitko S.N. Research of functional backlogs of the cardiovascular system of sportsmen in the process of competition activity with the use of frequency and fractal methods. The features of reactions of the cardiovascular system are considered on the physical loadings in a preparatory period. Researches were conducted before and after championship of Europe 2009. The mathematical analysis of rhythm of heart is resulted. The frequency and fractal methods of research of cardiac rhythm sportsmen the combined team of Ukraine are studied on taekwondo. Informing of some indexes of fractal of cardiac rhythm (coefficient of Khersta) is rotined for determination of readiness of sportsman to competition activity.

## Ключевые слова:

*система, сердечно-сосудистая, спортсмен, нагрузка, анализ, тaeквондо.*

*система, серцево-судинна, спортсмен, навантаження, аналіз, тaeквондо.*

*system, cardiovascular, sportsman, loading, analysis, taekwondo.*

## Введение.

Актуальность работы состоит в практическом применении математического анализа сердечного ритма (СР) (частотный и фрактальный методы) для диагностики функционального состояния сердечно-сосудистой системы (ССС) и определения механизмов регуляции её деятельности. Это позволит определить уровень подготовленности ССС к тренировочным нагрузкам. Повышение уровня функционирования организма и его отдельных подсистем, характерно для физической нагрузки. Этот процесс требует более активного участия центральных механизмов регуляции в деятельности автономного контура регуляции ССС. Т.е. адаптивное уравнивание организма со средой происходит за счёт роста напряжения процессов регуляции. Отсюда вытекает важное следствие - эффективность управляющих систем при адаптации к определённому фактору (в данном случае к максимальным нагрузкам) можно оценить по степени напряженности регуляторных механизмов. Более того, степень их напряженности может быть характеристикой «цены» адаптации, тогда как новый уровень функционирования системы - это уже результат адаптации.

Работа выполнена по плану НИР Национального педагогического университета имени М.П. Драгоманова.

## Цель, задачи работы, материал и методы.

*Цель работы:* изучить особенности реакций сердечно-сосудистой системы на физические нагрузки в подготовительный период при помощи математического анализа ритма сердца (частотный и фрактальный метод).

## Задачи работы:

1. Охарактеризовать частотный и фрактальный методы исследований и выделить показатели, характеризующие функциональное состояние сердечно-сосудистой системы.

2. Определить величины изменений этих показателей в динамике и выявить взаимосвязи этих изменений.

*Объект исследования:* сердечно-сосудистая система спортсмена в процессе спортивной деятельности.

*Предмет исследования:* функциональное состояние сердечно-сосудистой системы у тaeквондистов высокой квалификации.

*Гипотеза.* Предполагается, что применение полученных данных и приведённых ниже рекомендаций позволит усовершенствовать тренировочный процесс и сделать его более рациональным и целенаправленным. Используя фрактальный анализ можно обеспечить контроль состояния ССС спортсмена, который позволит прогнозировать его готовность к соревновательной деятельности.

В видах спорта с ациклической структурой движений, требующих высокого уровня специальной выносливости, главным фактором ограничения специальной работоспособности является адаптационная возможность сердечно-сосудистой системы спортсмена. Потому чаще других используются методы изучения ЧСС и сердечного ритма.

На современном этапе изучения возможностей ССС накоплен разнообразнейший фактический материал. Одним из значимых и объясняющих вклад различных механизмов в адаптацию сердца, является частотный метод Р.М. Баевского [1]. По Р.М. Баевско-

му большой разброс показателей кардио- ритма в покое свидетельствует о не стабильности соотношения процессов возбуждения и торможения в ССС. Вместе с тем нет количественных оценок для прогнозирования сердечных ритмов с целью диагностики и управления функциональным состоянием спортсменов (в том числе и в тхеквондо). Причина заключается в том, что суммирование различных по амплитуде, частоте и фазе ритмов (например - по показателям общей или специальной работоспособности) характеризуется случайным характером.

В настоящее время эту трудность в диагностике и прогнозировании функционального состояния организма спортсмена позволяет решить оригинальный метод «**фрактального роста**» [2, 3, 4, 5]. С помощью метода фракталов возможно описание сложных процессов и влияния на эти процессы различных по объему, направленности, интенсивности, длительности и количеству физических нагрузок в процессе систематических тренировок в тхеквондо. Достоинством метода является то, что в нем использована современная концепция теории хаоса, согласно которой многие явления, следуя четким причинно-следственным правилам, в принципе оказываются непредсказуемыми [2, 3, 4]. Такими явлениями характеризуется, и спортивная деятельность, и они создают множество трудностей в организации и проведении тренировочных и соревновательных процессов.

Метод фракталов позволяет аналитически и графически описать сложные системы, состоящие из бо-

лее простых систем [2, 3, 6]. Ранее проводились описания одной или нескольких функций, а не системы. С помощью же фрактального анализа можно сравнить средние свойства всех подсистем новой системы в целом.

В работе совмещены два метода - частотный и фрактальный. Цель частотного метода (по Р.М. Баевскому) - изучить вклад какой-либо системы организма (в нашем случае - ССС) в реализацию конкретной функции (адаптация), в конкретный (данный, текущий, актуальный) момент времени. Цель фрактального метода - изучить диапазон адаптивных возможностей в определенном состоянии, на протяжении длительного времени.

Следует отметить, что при использовании фрактального анализа мы основывались на исследованиях Баевского Р. М. и Мотылянской Р.Е. [2]. Анализ ЭКГ сигнала методом фракталов у более чем 14 млн. человек показали что, высокая стохастичность сердечного ритма позволяет организму функционировать в широком диапазоне и легко адаптироваться к физическим нагрузкам. Из этого вытекает следующее правило поведение систем и организма в целом, как совокупности подсистем - чем больше разброс показателей кардиоритма, тем выше адаптационные возможности организма.

#### *Организация исследований.*

Исследовались тхеквондисты высокой квалификации (сборная команда Украины). Исследования проводились за 2 часа до соревнования и через 1 час после

Таблица 1

#### *Коэффициенты Херста (до и после соревнований)*

		Покой	Нагрузка	Восстановление
<u>Садигов</u>	1*	0,902213	0,912334	0,910315
	2*	0,877071	0,812587	0,924174
<u>Шапошник</u>	1	0,815382	0,862401	0,803381
	2	0,777021	0,786103	0,878445
Мостіпака	1	0,841433	0,743792	0,851331
	2	0,780304	0,817162	0,807216
Бойцов	1	0,805345	0,719604	0,837240
	2	0,705839	0,651217	0,843508
Черкун А.	1	0,858406	0,747655	0,847875
	2	0,806235	0,615842	0,782892
Юза В.	1	0,712852	0,786062	0,795603
	2	0,777120	0,677918	0,779745
Юза А.	1	0,661558	0,848662	0,784275
	2	0,770992	0,857974	0,744764
Кошляк	1	0,775084	0,790275	0,809442
	2	0,854745	0,711508	0,749421
<u>Черкун О.</u>	1	0,817460	0,821623	0,816717
	2	0,847227	0,836579	0,770173
Грабко	1	0,731727	0,880021	0,720456
	2	0,801850	0,836690	0,783459

\*1 - до соревнований, 2 - после соревнований

завершення отборочного соревнования на чемпионат Европы 2009.

Контингент: 10 человек.

Регистрация ЭКГ проводилась на осцилографе ЭКС2-01 в режиме: покой, нагрузка, восстановление. Контроль качество сигнала ЭКГ проводился на аналоговом мониторе.

Протокол исследований содержит паспортные и антропометрические данные обследуемого; условия эксперимента (выбранные каналы) и дату.

Обработка полученных результатов любого канала (отдельно) производилась статистическими методами с построением гистограмм распределения.

#### Результаты исследований.

Полученные результаты (таб.1) свидетельствуют о том, что коэффициент фрактального разброса (коэффициент Херста (Kx)) у высококвалифицированных таеквондистов (мастера спорта и МСМК), при соревновательной нагрузке не изменяется. У менее подготовленных спортсменов коэффициент фрактального разброса после соревнований снижается. Учитывая, что на данном этапе (ноябрь) очень высокие тренировочные нагрузки, мы можем предположить, что уровень функционального состояния спортсменов поддерживается стохастичностью сердечно-сосудистой системы даже на пике нагрузки

Анализируя результаты сердечного ритма по Р.М. Баевскому, мы пришли к выводу, что гуморальная система (как фрактальная структура) и нервная система (также фрактальная структура) взаимодействуют с целью реализации конкретного процесса - сократительной функции сердца.

Необходимо отметить, что частотный анализ кардиоритма по Баевскому Р.М. не отразил уровня развития функционального резерва ССС. В тоже время полученный Kx у наиболее подготовленных спортсменов достоверно не изменялся в последовательных режимах исследований – покой, нагрузка, восстановление. Таким образом, коэффициент Херста является более обобщающим показателем интегральной оценки функциональных резервов ССС.

Таким образом, метод фрактальной оценки работы сердечно-сосудистой системы позволяет оценить степень функционирования исследуемых структур

в условиях реализации адаптационной функции сердечно-сосудистой системы.

#### Выводы:

1. Призеры чемпионата Европы – 2009 характеризуются высокими показателями стабильности по коэффициенту Херсту во всех режимах исследований (см. подчеркнутых испытуемых в табл. 1).
2. Стабильность показателя Kx при применении субмаксимальных «индивидуальных» нагрузок может быть интегральным показателем функциональной готовности «адекватности тренировочных нагрузок» спортсмена.

Дальнейшие исследования предполагается провести в направлении изучения других особенностей реакций сердечно-сосудистой системы на физические нагрузки в подготовительный период.

#### Список литературы

1. Аксёнов В. В. Использование математического анализа ритма сердца для распознавания механизмов некоторых форм нарушений функционального состояния сердечно-сосудистой системы у спортсменов / В. В. Аксёнов, В. Н. Артамонов, Р. Е. Мотылянская, Ю. А. Барышкин // Теория и практика физической культуры. - 1981. - N 4. - С. 28-31.
2. Баевский Р. М. Ритм сердца у спортсменов. / Р. М. Баевский, Р.Е. Мотылянская. - М.: ФКиС, 1986. - 143 с., ил.
3. Баевский Р. М., Мотылянская Р.Е. Ритм сердца у спортсменов. М.: ФКиС, 1986. - 143 с., ил.
4. Битко С.М. Фрактальные и традиционные методы анализа ЭКГ для прогнозирования функционального состояния спортсменов. / С.М. Битко, В.В. Фойгт. // Особливості формування та становлення психофізіологічних функцій в онтогенезі (матеріали симпозиуму), Черкаси, 2003. - С.12.
5. Голдберг Э.Л. Хаос и фракталы в физиологии человека. / Голдберг Э.Л., Ригни Д.Р., Уэст Б. Дж. // В мире науки, 1990. - № 4. - 25-30 с.
6. Кауфман С.А. Антихаос и приспособление. / С.А. Кауфман. // В мире науки, 1991. - №10. - 43 с.
7. Коркаран Э. Упорядоченный хаос. / Э. Коркаран. // В мире науки, 1990. - №10. - 40-41 с.
8. Сандер Д. Фрактальный рост. / Д. Сандер. // В мире науки, 1987, 3.
9. Ткачук В.Г. Вариативность процесса адаптации биосистемы. / В.Г. Ткачук Г. В. Коробейников, М. Полатайко // Педагогіка, психологія та медико-біологічні проблеми фізичного виховання і спорту. Харків, ХДАДМ (ХХІІІ). 2003. - № 2. - С. 73 - 82.
10. Юнгере Х. Язык фракталов. / Юнгере Х., Пайтген Х-О., Заупе Д. // В мире науки, 1990. - №10. - 36-42 с.

Поступила в редакцию 29.03.2010г.  
Ткачук Владимир Григорьевич, д.б.н., проф.  
Битко Сергей Николаевич  
ivanna1@voliacable.com