

УДК 57.087.1

СИСТЕМА КОНТРОЛЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ СПОРТСМЕНА

С.П. Волотовский, Л.С. Файнзильберг

МНУЦ ИТИС

e-mail: Volot@mail.ua

Контроль текущего функционального состояния организма спортсмена в процессе ежедневных тренировок – одна из наиболее актуальных задач спортивной медицины, решение которой позволяет оптимально планировать тренировочный процесс и оценивать результаты соревнований. Жесткие по объему и интенсивности физические нагрузки в циклических видах спорта при неправильном планировании тренировочного процесса могут привести не только к спаду спортивных результатов, к перетренировке, но и способствовать возникновению патологических изменений в организме спортсмена.

После выполнения некоторых видов тренировочной нагрузки или соревнований необходим достаточно длительный период восстановления организма спортсмена. Часто не удается уловить момент, когда в организме спортсмена наступает срыв адаптационных и регуляционных механизмов.

Поэтому спортивным врачам, тренерам и самим спортсменам-профессионалам, часто тренирующимся индивидуально, требуется принимать решения о коррекции объема и интенсивности нагрузки не только в зависимости от субъективного самочувствия, погодных и климатических условий, но и на основании объективных данных о функциональном состоянии спортсмена при физических и эмоциональных нагрузках [1].

Однако осуществлять подобный контроль в «полевых» условиях учебно-тренировочных сборов только на основе традиционных лабораторных установок и общепринятых методик довольно сложно. Для этого необходимы доступные и в то же время достаточно информативные, необременительные экспресс методы диагностики функционального состояния [2].

Один из показателей интегральной оценки функционального состояния спортсмена, который традиционно используется в спортивной медицине – вариабельность сердечного ритма (ВСР). Компьютерный анализ ВСР позволяет получить ценную информацию о состоянии регуляторных систем спортсмена. Однако для определения функционального состояния сердца, как основного системообразующего органа, только данных анализа ВСР не достаточно.

В Международном научно-учебном центре информационных технологий и систем НАН Украины и МОН Украины (МНУЦИТИС) разработана оригинальная информационная технология ФАЗАГРАФ™ регистрации и обработки электрокардиограммы (ЭКГ) в фазовом пространстве координат [3]. Эта технология позволяет одновременно анализировать как амплитудные, так и скоростные параметры любых элементов электрокардиосигнала, что дает возможность с высокой точностью оценивать форму ЭКГ и выявить в ней такие отклонения, которые обычно скрыты от врача при традиционном анализе ЭКГ.

Цель данного исследования – дальнейшее развитие информационной технологии ФАЗАГРАФ™ применительно к решению задачи поддержки принятия решений о функциональном состоянии спортсменов высокого уровня и изучение закономерностей изменения диагностического признака ЭКГ в фазовом пространстве под действием нагрузок.

На рис. 1 представлена диаграмма прецедентов в нотациях языка UML, которая описывает основные варианты использования предлагаемой системы.

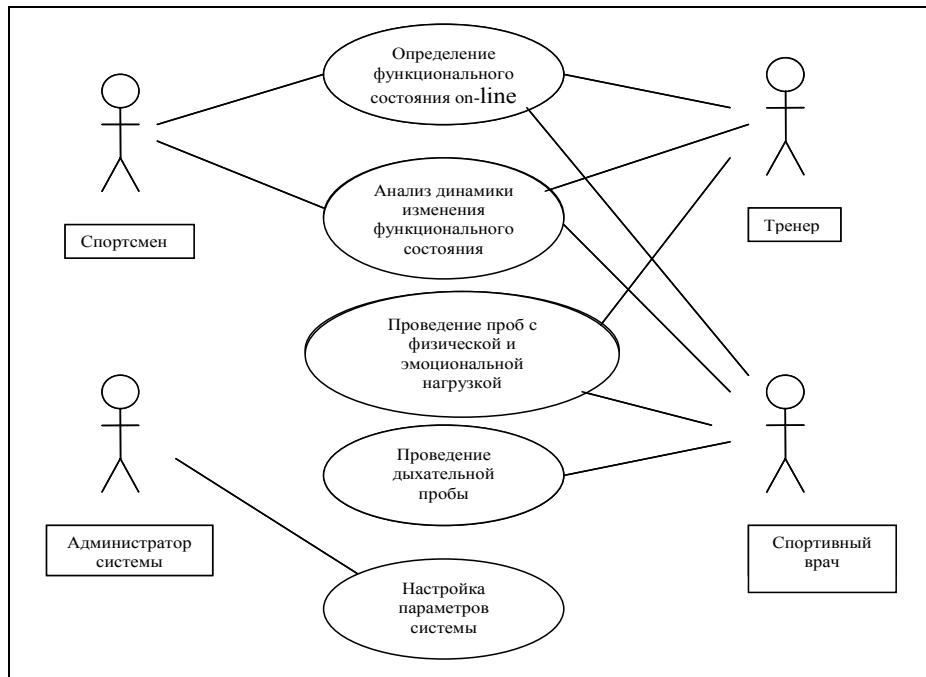


Рис. 1. Диаграмма прецедентов предлагаемой системы

В качестве дополнительного электрокардиографического признака в системе используется показатель β_T усредненного кардиокомплекса, который характеризует симметрию фрагмента фазовой траектории, соответствующей периоду реполяризации. При положительном зубце T показатель β_T вычисляется как отношение максимальной скорости на восходящем колене зубца T к максимальной скорости на нисходящем колене зубца T , т.е. $\beta_T = D_2 / D_1$ (рис. 2).

В наших предыдущих работах было показано, что анализ формы волны T в фазовом пространстве существенно повышает чувствительность и специфичность электрокардиографического обследования [4]. Следует заметить, что клиническая ценность анализа симметрии волны T было продемонстрировано еще в работе [5], в которой показано, что у больных с ишемической болезнью сердца происходит симметризация волны T электрокардиограммы. Однако до сих пор отсутствовали электрокардиографические системы, в которых бы использовался такой показатель, по всей видимости, из-за вычислительной сложности надежного определения такого показателя по реальным ЭКГ.

В настоящее время система проходит всестороннюю апробацию в ряде спортивных организаций, в том числе, в Национальном университете физического воспитания и спорта Украины, в Федерациях Украины по футболу, академической гребле и стрельбе из лука, во Всеукраинском благотворительном фонде «Прогрессивный спорт в поддержке здорового способа жизни», в Украинском центре спортивной медицины, Центре физического здоровья населения «Спорт для всех» и других организациях.

Групповая зависимость параметра β_T (прирост в процентах по отношению к показателю в покое) от величины нагрузки представлена на рис. 3. Регрессионная зависимость построена по данным, полученным в процессе апробации системы в спортивном лицее Федерации академической гребли Украины и Олимпийской базе сборной Украины по спортивной гимнастике в Конче-Заспе.

Дополнительно к ранее полученным результатам [6], статистическая обработка реальных данных еще раз подтвердили высокую диагностическую ценность признака β_T – коэффициент корреляции между приростом β_T и величиной нагрузки составил $r \approx 0,85$.

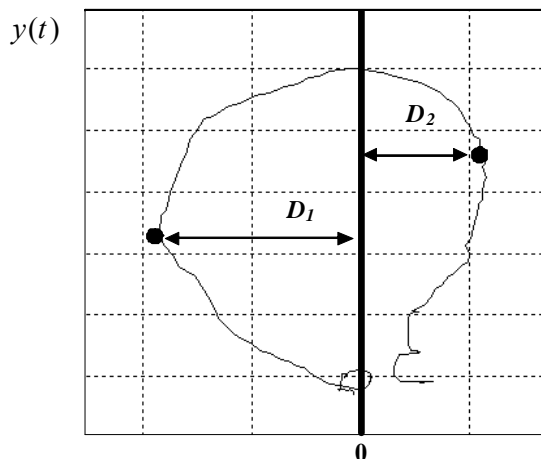


Рис. 2. Фрагмент усредненной фазовой траектории ЭКГ, соответствующий зубцу T

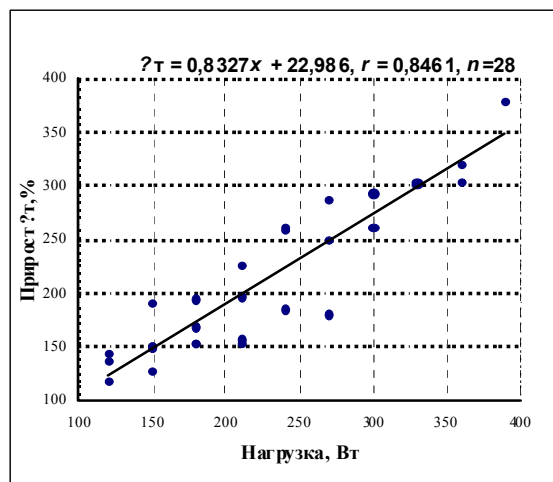


Рис. 3. Зависимость прироста параметра β_T от величины нагрузки

На рис. 4. показана динамика изменения под действием нагрузки усредненного кардиоцикла во временной области и фрагмента реполяризации фазовой траектории ЭКГ спортсмена М. Видно, что даже у спортсмена высокой квалификации под действием больших нагрузок происходит значительное увеличение параметра β_T .

Нагрузка, Вт	Симметрия β_T	Кардиоцикл	ST-T фрагмент фазовой траектории
120	0,78		
150	0,836		
180	1,01		
210	1,1		
240	1,29		

Рис. 4. Динамика изменения параметра у спортсмена М. в процессе нагрузки.

Эксперименты также показали еще один не менее любопытный факт. Оказалось, что параметр β_T более чувствителен к величине нагрузке, чем частота сердечных сокращение (ЧСС). Под действием нагрузки изменения параметра β_T (в процентах по отношению к исходному состоянию) происходит быстрее, чем изменение ЧСС (рис. 5).

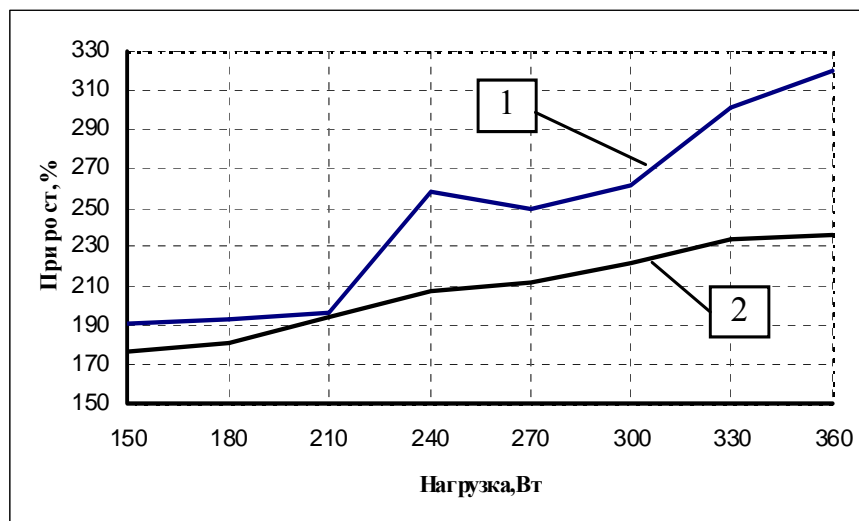


Рис. 5. Графики изменения параметра β_T и ЧСС от величины нагрузки спортсмена И:
прирост параметра β_T (кривая 1) ; прирост ЧСС (кривая 2)

Таким образом, метод обработки ЭКГ в фазовых координатах является информативным для контроля функционального состояния спортсмена в процессе тренировок, а предложенная система, реализующая этот метод, удобным средством для выполнения такого контроля.

Литература

1. Попцов В. Некоторые аспекты спортивной физиологии применительно к видам спорта на выносливость // Лыжные гонки. – 1998. – № 1 (7). – С. 3-8.
2. Нечаев В.И., Сарсания С.К. Диагностика функционального состояния спортсменов на основе сердечного ритма - введение в проблему. – Интернет ресурс <http://lib.sportedu.ru/GetText.idc?TxtID=1044>.
3. Файнзильберг Л.С. Компьютерная система Фазаграф™ для экспресс диагностики состояния сердечно-сосудистой системы в клинических и домашних условиях // Материалы Четвертой международной научной школы «Наука и инновации – 2009». – Йошкар Ола: МарГУ. – 2009. – С. 279-286.
4. Чайковский И.А., Ломаковский А.Н., Деяк С.И., Файнзильберг Л.С., Семергей Н.А, Лутай М.И. Возможности анализа электрокардиограммы в фазовом пространстве в ходе нагрузочной пробы // Український кардіологічний журнал. - 2009. - № 4.- С.65-70.
5. Халфен Э.Ш, Сулковская Л.С. Клиническое значение исследования скоростных показателей зубца Т ЭКГ // Кардиология. – 1986. – № 6. – С. 60-62.
6. Файнзильберг Л.С. Математические методы оценки полезности диагностических признаков. – Киев: Освіта України, 2010. – 152 с.