

**ВЫЯВЛЕНИЕ НАРУШЕНИЙ СЕРДЕЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ У СПОРТСМЕНОВ
С ПРИМЕНЕНИЕМ ФАЗОГРАФИЧЕСКОГО АНАЛИЗА СКОРОСТНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ
ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ СЕРДЦА**

Е.Н. МИНИНА*, А.Г. ЛАСТОВЕЦКИЙ**

*Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского, Таврическая Академия,
проспект Академика Вернадского, 4, г. Симферополь, Республика Крым, 295007, Россия

**Центральный научно-исследовательский институт организации и информатизации здравоохранения,
ул. Добролюбова, 11, г. Москва, 127254, Россия

Аннотация. Первая стадия модификации скорости электровозбудительного процесса характеризуется только изменением скорости электрической активности сердца и соотношением де- и реполяризации. При этом изменение скоростных характеристик электрической активности сердца запускает механизм электромагнитных и биоэлектрических реакций в кардиомиоцитах, а масса и геометрия миокарда в этот период остаются неизменными. **Цель исследования** – разработать метод измерения скорости электрического сигнала миокарда с её графическим отображением в условной фазовой плоскости для оценки нарушений ритма и процессов реполяризации у спортсменов, определить возможности его применения. **Материалы и методы исследования.** Всего было обследовано 640 квалифицированных спортсменов 18-25 лет. Для реализации цели исследования были проведены 2 этапа. На первом этапе проводили оценку нарушений функции миокарда с учётом количественных значений фазографических показателей электрической активности миокарда в 3 группах спортсменов – с патологическим нарушением ритма сердца, спортсменов с нарушением процессов реполяризации, в контрольной группе спортсменов без нарушений. На втором этапе производили сопоставление результатов оценки функционального резерва, полученных с применением изучаемой методики с данными, полученными при углублённом медицинском обследовании. Референтные границы нормы, пороговые значения и решающие правила определения нарушений были рассчитаны с помощью ROC-анализа. С применением метода множественной бинарной логистической регрессии получен алгоритм для классификации уровня функциональных резервов с учётом вклада каждого показателя. **Результаты и их обсуждение.** Снижение функциональных резервов миокарда в группах спортсменов с нарушением ритма при недостаточном симпатическом вкладе и в группе спортсменов с нарушением процессов реполяризации при увеличенном симпатическом влиянии на фоне снижения физической работоспособности и напряжения механизмов адаптации достоверно классифицировалось фазографическими скоростными показателями электрической активности сердца. Для классификации дисфункции миокарда с применением фазографических скоростных показателей в их совокупности установлены соответствующие диагностические алгоритмы при нарушении ритма и при нарушении процессов реполяризации. Применение фазографических показателей электрической активности сердца достоверно отражало сниженные функциональные резервы у квалифицированных спортсменов при сниженных функциональных резервах сердечно-сосудистой системы. При сопоставлении с результатами углубленного медицинского обследования у спортсменов во всех группах дисфункциональных состояний, за исключением гипертрофии левого желудочка, методом Мак-Нимара установлена достоверность определения сниженных функциональных резервов с применением фазографических показателей электрической активности сердца. **Заключение.** К информативным подходам, определяющим риск возникновения снижения функциональных резервов у спортсменов при физическом перенапряжении можно отнести исследование скоростных показателей электрической активности сердца, отображённых графически в условной фазовой плоскости при регистрации первой производной от времени.

Ключевые слова: функциональные резервы, фазографические скоростные показатели, электрическая активность сердца

IDENTIFICATION OF CARDIAC DISORDERS IN ATHLETES USING PHASOGRAPHIC ANALYSIS OF VELOCITY INDICATORS OF THE HEART SIGNAL

E.N. MININA*, A.G. LASTOVETSKIY**

*Crimean Federal University named after V. Vernadsky,
prospect Akademika Vernadskogo 4, Simferopol, 295007, Republic of Crimea, Russia

**Central scientific-research Institute of organization and Informatization of health,
Dobrolyubova street, 11, 127254, Moscow, Russia

Abstract. The first stage of modification of the rate of the electroexcitatory process is characterized only by a change in the rate of electrical activity of the heart and the ratio of depolarization and repolarization. At the same time a change in the speed characteristics of the electrical activity of the heart triggers the mechanism of electromagnetic and bioelectric reactions in cardiomyocytes and the mass and geometry of the myocardium during this period remain unchanged. The assessment of functional reserves in athletes based on the phaseographic indicators of the electrical activity of the heart reflects the features of the speed characteristics of the cardiac signal. A decrease in the functional reserves of the myocardium in the groups of athletes with rhythm disturbances with insufficient sympathetic contribution and in the group of athletes with impaired repolarization processes with an increased sympathetic effect against the background of a decrease in physical performance and stress of adaptation mechanisms was reliably classified by phaseographic speed indicators of the electrical activity of the heart. Normal reference limits, thresholds and decision rules for detecting violations were calculated using ROC analysis. The diagnostic efficiency of the studied phaseographic indicators was provided by an unequal contribution of each to the final decision of the classification of the level of athletes' functional reserves. Using the method of multiple binary logistic regression, an algorithm was obtained to classify the level of myocardial reserves, taking into account the contribution of each indicator. To classify myocardial dysfunction using phaseographic velocity indicators in their aggregate, the corresponding diagnostic algorithms have been established in case of rhythm disturbance and in violation of repolarization processes. The use of phaseographic indicators of the electrical activity of the heart reliably reflected the reduced functional reserves in qualified athletes with reduced functional reserves of the cardiovascular system. When it was compared with the results of an in-depth medical examination in athletes in all groups of dysfunctional states, with the exception of left ventricular hypertrophy, the McNemar method established the reliability of determining reduced functional reserves using phaseographic indicators of the electrical activity of the heart.

Key words: functional reserves, phaseographic speed indicators, electrical activity of the heart.

Возможность миокарда потреблять кислород, являясь чувствительным индикатором приспособления при увеличении внешней нагрузки, может быть лимитирующим фактором аэробных функциональных возможностей всего организма. При этом повышение потребности миокарда в кислороде и неспособность организма её обеспечивать, приводят к ишемическим нарушениям. При состоянии ишемии в миокарде страдают все процессы мембранного электрогенеза: возбудимость клеток миокарда, автоматизм биоэлектрических процессов в миокарде, и в том числе процессы де- и реполяризации. *Mitchell JH* и соавт. отмечают: «...что с увеличением требований к аэробной производительности в процессе тренировочной деятельности по показателю *максимальное потребление кислорода (МПК)*, увеличивается процент спортсменов с зафиксированными нарушениями кардиогемодинамического функционирования» [10].

У 40% атлетов из-за несоответствия интенсивности психофизических нагрузок возможностям организма, создаются предпосылки для формирования «патологии при занятиях спортом», в том числе и кардиальной. При этом существует проблема выявления границы перехода физиологического процесса в патологический. Оперативная диагностика и ранняя детекция нарушений в миокарде позволяет решать актуальный вопрос «серой зоны» пограничных состояний у спортсменов [1, 3, 4, 7, 9]. Для решения задачи ранней оценки дисфункционального ремоделирования миокарда у спортсменов может явиться определение скоростных показателей электрической активности сердца, как наиболее информативных. Как известно, первая стадия модификации скорости электровозбудительного процесса характеризуется только изменением скорости *электрической активности сердца (ЭАС)* и соотношением де- и реполяризации. При этом изменение скоростных характеристик ЭАС запускает механизм электромагнитных и биоэлектрических реакций в кардиомиоцитах, а масса и геометрия миокарда в этот период остаются неизменными [2].

Цель исследования – разработать метод измерения скорости электрического сигнала миокарда с её графическим отображением в условной фазовой плоскости для оценки нарушений ритма и процессов реполяризации у спортсменов, определить возможности его применения.

Материалы и методы исследования. Всего было обследовано 640 квалифицированных спортсменов 18-25 лет. Для реализации цели исследования были проведены 2 этапа:

Этап 1 – Оценка нарушений функции миокарда с учётом количественных значений фазографических показателей электрической активности миокарда в 3 группах спортсменов – спортсменов с патологическим нарушением ритма (НР) сердца, спортсменов с нарушением процессов реполяризации (НПР), в контрольной группе спортсменов без нарушений. Были отобраны 182 квалифицированных спортсмена-юноши 19-22 лет ($20,5 \pm 1,5$), занимающихся видами спорта с высокой динамической и статической компонентой (футбол, баскетбол, волейбол, бокс, плавание, лёгкая атлетика), согласно классификации *Mitchell JH* и соавт., находящихся на этапе совершенствования спортивного мастерства. Активных жалоб никто не предъявлял. Однако при настойчивом сборе и изучении анамнеза у спортсменов, было определено, что состояние дискомфорта в разной степени в области сердца, эпизоды снижения работоспособности и недовосстановления испытывали все спортсмены. Спортсмены находились в середине подготовительного периода годового цикла спортивной подготовки. Все спортсмены были сформированы в 3 группы:

Группа НР – 74 спортсмена характеризовались признаками хронического физического перенапряжения и нарушениями ритма по данным ЭКГ и Холтеровского мониторирования (эктопические нарушения ритма и миграция водителя ритма у 35 юноша (47%), суправентрикулярная и желудочковая экстрасистолия у 15 спортсмена (22%), атриовентрикулярная блокада 1 степени – 14 атлетов (18%), атриовентрикулярная блокада 2 степени – 10 атлетов (13%).

Группа НПР – 67 спортсменов, которые характеризовались признаками хронического физического перенапряжения и относились к 1 и 2 стадиям дистрофии миокарда, согласно классификации А.Г. Дембо в модификации Л.А. Бутченко и имели различные нарушения процессов реполяризации (изменения конечного отдела желудочкового комплекса (сегмента *ST* и зубца *T*), снижение зубца *T* менее 10 % от *R* в левых грудных отведениях (*V5-V6*), двугорбый или двухфазный зубец *T* в *V1-V3*, двухфазный или отрицательный зубец *T* во II и III стандартных отведениях).

Группа контроля (К) – 39 спортсменов без изменений на ЭКГ покоя и в нагрузке, без наличия соматических заболеваний по данным диспансеризации, острых инфекционных заболеваний в течение 3-х недель до исследования, жалоб на момент исследования – группа К.

Этап 2 – Сопоставление результатов оценки функционального резерва, полученных с применением изучаемой методики с данными, полученными при углублённом медицинском обследовании (УМО).

Было проведено одномоментное когортное исследование. Группы квалифицированных спортсменов, состоящих на учёте в Крымском спортивно-физкультурном диспансере, набирались по принципу сплошной выборки. Были исследованы 458 квалифицированных спортсменов-юношей 18-25 лет ($21,5 \pm 3,5$), занимающихся видами спорта с высокой динамической и статической компонентой (футбол, баскетбол, волейбол, бокс, плавание, легкая атлетика), согласно классификации *Mitchell JH* и соавт., находящихся на этапе совершенствования спортивного мастерства. Спортсмены находились в начале переходного периода годового цикла спортивной подготовки.

Регистрацию и анализ усреднённого биосигнала, полученного преобразованием одноканальной ЭКГ в фазовом пространстве, проводили с помощью программно-технического комплекса (ПТК) ФАЗА-ГРАФ[®], в котором реализована оригинальная информационная технология обработки электрокардиосигнала в фазовом пространстве с использованием идей когнитивной компьютерной графики и методов автоматического распознавания образов (рис.1) [5,6,8]. Кроме того использована цифровая обработка полученных данных и метод визуализации на плоскости. Осуществлялась запись с целью учета фазовой графической иллюстрации и фазового усреднённого кардиоцикла одноканальной ЭКГ.

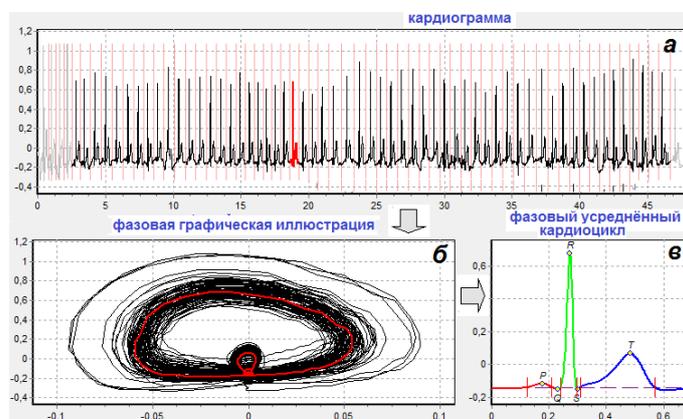


Рис. 1. Последовательность этапов обработки ЭКГ: исходная ЭКГ (а); ее фазовая траектория – фазовая графическая иллюстрация (б); фазовый усреднённый кардиоцикл (в)

Выявляли особенности вегетативной регуляции и её изменения в зависимости от возраста по параметрам variability сердечного ритма: частоту сердечных сокращений (ЧСС, уд/мин) и автоматически рассчитывали *индекс напряжения* (ИН) в ед. – по А.Р. Баевскому

Электрокардиографическое исследование с применением 12-канальных компьютерных ЭКГ-комплексов «*Cardiolife*». При *велозргометрии* (ВЭМ) оценивали физическую работоспособность (кгм/мин) по методике В. Л. Карпмана с соавт. (1974).

Исследование системы кровообращения проводили методом тетраполярной грудной реографии по Кубичеку, с помощью метода импедансной реографии при помощи прибора *Reo Com Standart*. Вариационная пульсометрия проводили с помощью ПТК «*Фазаграф®*».

Статистическую обработку полученных результатов исследований проводили с помощью программного пакета *STATISTICA 6.0 (StatSoft, Inc., USA)*. Оценки расхождения распределений признаков проводились с помощью критерия согласия Колмогорова-Смирнова. Достоверность различий между одноименными показателями в независимых выборках оценивали с помощью непараметрического *U*-критерия *Mann-Whitney*. Различия считали достоверными при $p < 0,05$.

Для анализа полученных данных применяли методы математической статистики, анализ диагностической эффективности фазографических показателей осуществлялся с помощью *ROC*-анализа. Классифицирующую способность моделей сравнивали между собой по интегральному индексу Юдена. Статистическая значимость различий (*P*) по при применении различных методов обследования применяли критерий Мак-Нимара.

Результаты и их обсуждение. На первом этапе во всех группах была оценена сократительная способность сердца, особенности нейрогуморальной регуляции в покое и при ступенчато возрастающей нагрузке при велозргометрии, оценена физическая работоспособность и дана характеристика *фазографических скоростных показателей* (ФСП) ЭАС.

Выявлено, что для спортсменов с реполяризационным и аритмическим синдромом, в отличие от группы контроля, были характерны сниженные показатели сократительной способности сердца по показателю *ударного индекса* (УИ, ед.), сниженная физическая работоспособность по показателю *PWC₁₇₀/кг* (Вт/кг) и особенности вегетативной регуляции ритма сердца по показателю *индекса напряжения* (ИН, ед.) (табл. 1. и рис. 2).

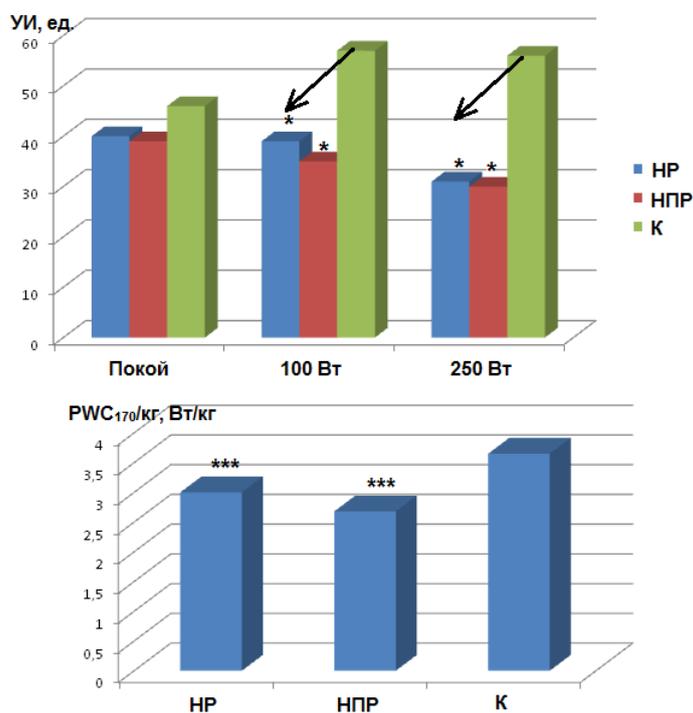


Рис. 2. Динамика ударного индекса (УИ, ед.) в покое и при увеличении внешней нагрузки и уровень физической работоспособности в группах сравнения

Снижение значений физической работоспособности у квалифицированных спортсменов в *группе HP*, относительно спортсменов группы контроля без нарушений, произошло на 18% ($p < 0,001$), а в *группе NPP* на 27% ($p < 0,001$). При этом, различий между группами HP и NPP по уровню физической работоспособности не выявлено, а наименьшие значения были определены у юношей из группы NPP.

Нейрогуморальная регуляция в группе НПП, при регуляции сердечным ритмом, характеризовалась эрготропными церебральными симпатическими влияниями – по росту показателей LF/HF 65% ($p<0,05$) и в 3 раза ($p<0,001$) показателя ИН на фоне снижения парасимпатического влияния – по снижению $SDNN$ на 85% ($<0,001$).

Таблица 1

Показатели нейрогуморальной регуляции сердечного ритма квалифицированных спортсменов 19-22 лет с нарушениями кардиогемодинамического функционирования и в контрольной группе ($M \pm Sx$), $n=182$

Показатели	Группы			Достоверность 1-3
	НР ($n = 74$) (1)	НПП ($n = 67$) (2)	К ($n = 39$) (3)	
VLF , mc^2	654,9±145,3	1599,5±324,4	1226,2±453,6	1-2,3 ($<0,01$)
LF/HF , у.е.	0,25±0,05	2,10±0,63	1,25±0,23	1-2 ($<0,001$) 1-3 ($<0,05$) 2-3 ($<0,05$)
ИН, у.е.	25,0±2,5	205,3±55,8	55,9±18,6	1-2 ($<0,001$) 1-3 ($<0,05$) 2-3 ($<0,001$)
$SDNN$, мс	95,9±5,8	27,5±1,5	49,6±2,2	1-2 ($<0,001$) 1-3 ($<0,01$) 2-3 ($<0,001$)

Напротив, в группе НР отмечалось преувеличенное влияние парасимпатического отдела нервной системы по показателю LF/HF – на 75% ($p<0,05$) меньшему значения группы контроля, на фоне падения симпатических и гуморальных воздействий по значениям VLF в среднем в 2 раза ($p<0,01$) – по группе и росту $SDNN$ в среднем на 65% ($p<0,01$) в сравнении с группой контроля. Такое смещение вегетативных механизмов в исследуемых группах не обеспечивало рационального обеспечения деятельности и характеризовало симпатическое влияние в группе НПП, как избыточное, а в группе НР – как недостаточное.

Снижение функциональных резервов миокарда в группах спортсменов с НР при недостаточном симпатическом вкладе и в группе спортсменов с НПП при увеличенном симпатическом влиянии на фоне снижения физической работоспособности и напряжения механизмов адаптации – достоверно классифицировалось фазографическими скоростными показателями электрической активности сердца (табл. 2).

Таблица 2

Фазографические показатели электрической активности сердца в группах квалифицированных спортсменов с нарушением процессов реполяризации (НПП), нарушениями ритма (НР) и в группе контроля, $Me(Q_1; Q_3)$

ФСП ЭАС	Гр	$M \pm Sx$	Me	Q_1	Q_3
β_T , ед.	НР (1)	0,78±0,02	0,78	0,72	0,88
	НПП (2)	0,86±0,01	0,88	0,79	0,91
	К (3)	0,59±0,01	0,59	0,55	0,62
Достоверность	$p1-p2 - <0,001; p1-p3 - <0,001; p2-p3 - <0,001$				
α_{QRS} , град.	НР (1)	132,0±4,5	119,0	107,5	156,7
	НПП (2)	131,3±4,5	114,5	106,0	145,0
	К (3)	138,5±4,5	130,0	118,4	161,0
Достоверность	-				
σ_{QRS} , ед.	НР (1)	20,1±0,9	18,0	13,6	25,0
	НПП (2)	21,6±0,8	21,0	17,6	24,1
	К (3)	15,2±0,6	15,0	12,0	18,0
Достоверность	$p1-p3 - <0,001; p2-p3 - <0,001$				
S_{TR} , ед.	НР (1)	0,028±0,003	0,021	0,018	0,030
	НПП (2)	0,020±0,001	0,020	0,020	0,030
	К (3)	0,080±0,001	0,040	0,030	0,070
Достоверность	$p1-p3 - <0,001; p2-p3 - <0,001$				

Примечания: НР – нарушение ритма ($n = 74$); НПП – нарушение процессов реполяризации ($n = 67$); К – контроль ($n = 39$); ФСП ЭАС – фазографические показатели электрической активности сердца

Референтные границы нормы, пороговые значения и решающие правила определения нарушений были определены с помощью ROC-анализа. Для классификации дисфункции миокарда с применением

фазографических скоростных показателей в их совокупности установлены соответствующие диагностические алгоритмы при нарушении ритма и при нарушении процессов реполяризации.

В табл. 3 представлены сводные результаты вычисления чувствительности и специфичности фазографических показателей электрической активности сердца по результатам ROC-анализа при определении риска нарушения сердечной деятельности у квалифицированных спортсменов.

Таблица 3

Сводные результаты вычисления чувствительности и специфичности фазографических показателей* электрической активности сердца по результатам ROC-анализа

Показатель	Нарушение	Порог различия	S_E , %	S_P , %	Площадь AUC	Индекс Юдена
β_T , ед.	НР	0,71	77,0	100,0	0,922	0,77
	НПП	0,71	98,5	100,0	0,998	0,98
σ_{QRS} , ед.	НР	20,4	41,9	92,3	0,666	0,34
	НПП	19,0	64,2	91,3	0,818	0,55
S_{TR} , ед.	НР	0,024	63,5	94,9	0,841	0,58
	НПП	0,029	82,1	87,0	0,905	0,69

Примечание: S_E – чувствительность; S_P – специфичность; НР – нарушение ритма; НПП – нарушение процессов реполяризации; * – при их достоверном различии

Как было показано выше, самостоятельной классификационной способностью обладали только показатель симметричности зубца T для спортсменов с нарушением реполяризации и ритма и показатель отношения площадей T и комплекса QRS для группы спортсменов с нарушением реполяризации. Однако в совокупности – фазографические показатели ЭАС показывали наилучшие результаты.

Для суждения о влиянии выбранных факторов на принадлежность испытуемых к группам НР и К и НПП и К – использовали метод множественной бинарной логистической регрессии с построением соответствующих уравнений.

Уравнение (алгоритм № 2) для суждения о влиянии выбранных факторов на принадлежность испытуемых к группам НР и К – имело следующий окончательный вид:

$$y = -9,601 + 15,07 * \beta T + 0,0012 * \alpha QRS + 0,054 * \sigma QRS - 24,76 * STR$$

Вероятность принадлежности пациентов к одной из двух групп рассчитывали по формуле: $p = 1 / (1 + e^{-y})$

Если рассчитанная вероятность превышала значение априорной вероятности, то пациента относили к группе спортсменов. Априорная вероятность соответствует доле спортсменов группы НР, которая составляла $74/113 * 100\% = 65,5\%$.

Анализ адекватности полученной регрессионной модели показан в табл. 4, из которой видно, что полученная модель приблизительно одинаково хорошо пригодна для прогнозирования принадлежности как к группе НР (высокая чувствительность), так и к группе К (высокая специфичность), так как точность предсказания выше 70% (89,2% и 79,5% соответственно). Величину общего процента верных классификаций (85,8%) можно тоже считать высокой. Такой же вывод можно сделать по высокому значению отношения шансов.

Таблица 4

Результаты адекватности классификации с помощью регрессионной модели

Наблюдаемые результаты	Предсказанные результаты		Процент верных предсказаний	Общий процент верных предсказаний	Отношение шансов
	Контроль	НР			
Контроль	31	8	79,5	85,8	32,0
НР	8	64	89,2		

Уравнение (алгоритм № 3) для суждения о влиянии выбранных факторов на принадлежность испытуемых к группам НПП и К – имело следующий окончательный вид:

$$y = -89,26 + 10428 * \beta T + 0,058 * \alpha QRS + 0,473 * \alpha QRS - 35,65 * STR$$

Вероятность принадлежности пациентов к одной из двух групп рассчитывали по формуле:
 $p = 1 / (1 + e^{-y})$

Если рассчитанная вероятность превышала значение априорной вероятности, то пациента относили к группе спортсменов. Априорная вероятность соответствует доле спортсменов группы НПП, которая составляла $67/106 * 100\% = 63,2\%$.

Таблица 5

Результаты адекватности классификации с помощью регрессионной модели

Наблюдаемые результаты	Предсказанные результаты		Процент верных предсказаний	Общий процент верных предсказаний	Отношение шансов
	К	НПП			
Контроль	39	0	100,0	98,1	-
НПП	2	65	97,0		

Анализ адекватности полученной регрессионной модели показан в табл. 5, из которой видно, что полученная модель приблизительно одинаково хорошо пригодна для прогнозирования принадлежности как к группе НПП (высокая чувствительность), так и к группе К (высокая специфичность), так как точность предсказания выше 70% (97,0% и 100,0% соответственно). Величину общего процента верных классификаций (98,1%) тоже очень высокая. Отношение шансов рассчитать невозможно, происходит деление на ноль.

Таблица 6

Результаты сопоставления результатов, полученных при использовании методики оценки резервов миокарда с применением ФСП ЭАС и полученными по результатам УМО

Дисфункциональные состояния	Зарегистрированных фактов снижения миокардиального резерва с применением ФСП ЭАС, абс. (% от УМО)	Выявленных и уточнённых на УМО, абс.	Значение критерия Хи-квадрат	Достоверность
Нарушение процессов реполяризации	65 (98,5)	66	0,00	0,999
Нарушение ритма	25 (89,3)	28	0,80	0,371
Гипертрофия ЛЖ	9 (45,0)	20	9,09	0,003
Нарушения проводимости (SA- и AV-блокады, блокады ножек пучка Гиса)	9 (81,8)	11	0,50	0,480
Синдромы (феномены) предвозбуждения желудочков (CLC, WPW)	3 (50,0)	6	1,33	0,248
Смещение ЭОС	8 (100,0)	8	-	0,999
Каналопатии (СУQT, Бругада)	2 (66,7)	3	0,00	0,999
МАРС	4 (44,4)	9	3,20	0,074
Воспалительные соматические заболевания	20 (95,2)	21	0,00	0,999
Всего	145 (84,3)	172	-	-

Примечание: Статистическая значимость различий (P) определена по Мак-Нимару;
 ЛЖ – левого желудочка; СУ – синдром укорочения; ЭОС – электрическая ось сердца;
 МАРС – малые аномалии развития сердца

На 2 этапе исследования было проведено одномоментное когортное исследование.

Анализ данных неинвазивной ненагруженной оценки функционального состояния спортсменов показал, что результаты, полученные при использовании количественной оценки функциональных резервов квалифицированных спортсменов с применением фазографическими скоростными показателями

электрической активности сердца сопоставимы с результатами, полученными по результатам углубленного обследования на основании заключений врачей-специалистов при проведении УМО (табл. 6).

Важно отметить, что с применением ФСП ЭАС по определённым классификационным правилам устанавливался факт снижения функциональных резервов миокарда без уточнения диагноза. Методом Мак-Нимара мы провели проверку достоверности применения ФСП ЭАС для оценки функциональных резервов миокарда квалифицированных спортсменов.

Достоверность определения сниженных функциональных резервов миокарда была установлена у спортсменов во всех группах дисфункциональных состояний, за исключением гипертрофии левого желудочка. Вероятно, структурное ремоделирование является компенсаторно-приспособительным звеном адаптации, не информативно распознаваемым разрабатываемой методикой оценки функционирования миокарда, направленной на детекцию электрофизиологического функционирования.

Таким образом, возможность адекватно адаптироваться при увеличении нагрузки различной природы у спортсменов можно количественно оценивать по качеству реполяризации желудочков.

Нарушение этого процесса приводит к электрической неоднородности миокарда и падению сократительной способности, напряжению функционального состояния и снижению адаптационных возможностей. Как известно, именно форма волны T зависит от длительности и величины трансмембранных потенциалов действия в различных зонах миокарда.

При отсутствии патологии сердца следует говорить о существовании определенного функционального резерва миокарда, который может быть мобилизован для реализации механического сокращения при предъявлении к сердцу дополнительных требований (например, при физической нагрузке). В случае же патологии сердечной мышцы этот резерв может быть затрачен на компенсацию нарушенной функции сердца, причем еще до появления признаков сердечной патологии.

Заключение. К информативным подходам, определяющим риск возникновения снижения функциональных резервов у спортсменов при физическом перенапряжении можно отнести исследование скоростных показателей ЭАС, отображённых графически в условной фазовой плоскости при регистрации первой производной от времени. Наилучшей диагностической эффективностью обладает участок ЭКГ, выражаемый зубцом T , количественно выраженный его симметричностью.

Применение фазографических показателей электрической активности сердца достоверно отражало сниженные функциональные резервы у квалифицированных спортсменов при выявленных общепринятыми клинико-инструментальными методами низких резервов сердечно-сосудистой системы.

Установлены классификационные алгоритмы при определении количественных критериев дизадаптации миокарда на основе ФСП ЭАС у квалифицированных спортсменов с нарушением ритма, а также с нарушением процессов реполяризации.

При сопоставлении с результатами углубленного медицинского обследования у спортсменов во всех группах дисфункциональных состояний, за исключением гипертрофии левого желудочка, методом Мак-Нимара установлена достоверность определения сниженных функциональных резервов с применением фазографических показателей электрической активности сердца.

Литература

1. Гаврилова Е.А. Синдром перетренированности. Современное состояние проблемы. Материалы VII международной научно-практической конференции «Здоровье для всех», 2017. 105 с.
2. Левашова О.А. Неинвазивная диагностика функционального состояния миокарда у детей-спортсменов на основе анализа скоростных характеристик электрической активности сердца // Научно-спортивный вестник Урала и Сибири. 2016. № 4(12). С. 26–34.
3. Леонов Б.И., Григоренко В.В., Еськов В.М., Хадарцев А.А., Иляшенко Л.К. Автоматизация диагностики возрастных изменений параметров сердечно-сосудистой системы // Медицинская техника. 2018. № 3. С. 48–51.
4. Макарова Г.А. Межсистемный анализ факторов риска как основа профессионально-ориентированной спортивной медицины // Спортивная медицина: наука и практика. 2016. Т. 6, № 1(22). С. 106–111.
5. Минина Е.Н., Файнзильберг Л.С. Фазовый портрет одноканальной ЭКГ в оценке функциональных резервов сердечно-сосудистой системы // Вестник новых медицинских технологий. 2014. Т. 21, № 3. С. 22–27.
6. Минина Е.Н., Файнзильберг Л.С. Анализ функционального состояния сердечно-сосудистой системы по совокупности признаков фазового портрета одноканальной ЭКГ // Российский кардиологический журнал. 2015. Т. 12 (128). С. 7–13.
7. Михайлова А.В. Перенапряжение сердечно-сосудистой системы у спортсменов: монография / Под ред. Михайлова А.В., Смоленский А.В. М.: Спорт, 2019. 122 с.

8. Файнзилберг Л. С. Компьютерная диагностика по фазовому портрету электрокардиограммы. К.: Образование Украины. 2013. 190 с.
9. Фудин Н.А., Хадарцев А.А., Орлов В.А. Медико-биологические технологии в физической культуре и спорте. Москва: ООО Издательство «Спорт», 2018. 320 с.
10. Mitchell JH. Task Force 8: classification of sports // J Am Coll Cardiol. 2005. №45(8). P. 1364–1367.

References

1. Gavrilova EA. Sindrom peretrenirovannosti. Sovremennoe sostojanie problemy [the Syndrome of overtraining. Current state of the problem]. Materialy VII mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii «Zdorov'e dlja vseh»; 2017. Russian.
2. Levashova OA. Neinvazivnaja diagnostika funkcional'nogo sostojanija miokarda u detej-sportsmenov na osnove analiza skorostnyh harakteristik jelektricheskoj aktivnosti serdca [Noninvasive diagnostics of the functional state of the myocardium in children-athletes based on the analysis of the speed characteristics of the electrical activity of the heart]. Nauchno-sportivnyj vestnik Urala i Sibiri. 2016;4(12):26-34. Russian.
3. Leonov BI, Grigorenko VV, Es'kov VM, Hadarcev AA, Iljashenko LK. Avtomatizacija diagnostiki vozrastnyh izmenenij parametrov serdečno-sosudistoj sistemy [automation of diagnostics of age-related changes in parameters of the cardiovascular system]. Medicinskaja tehnika. 2018;3:48-51. Russian.
4. Makarova GA. Mezhsistemnyj analiz faktorov riska kak osnova professional'no-orientirovannoj sportivnoj mediciny [Intersystem analysis of risk factors as the basis of professionally-oriented sports medicine]. Sportivnaja medicina: nauka i praktika. 2016;6(22):106-11. Russian.
5. Minina EN, Fajnzil'berg LS. Fazovyj portret odnokanal'noj JeKG v ocenke funkcio-nal'nyh rezervov serdečno-sosudistoj sistemy [Phase portrait of a single-channel ECG in the assessment of functional reserves of the cardiovascular system]. Vestnik novyh medicinskih tehnologij. 2014;21(3):22-7. Russian.
6. Minina EN, Fajnzil'berg LS. Analiz funkcional'nogo sostojanija serdečno-sosudistoj sistemy po sovokupnosti priznakov fazovogo portreta odnokanal'noj JeKG [Analysis of the functional state of the cardiovascular system based on the set of features of the phase portrait of a single-channel ECG]. Rossijskij kardiologičeskij zhurnal. 2015;12(128):7-13. Russian.
7. Mihajlova AV. Perenaprjazhenie serdečno-sosudistoj sistemy u sportsmenov: monografija [Overstrain of the cardiovascular system in athletes: monograph]. Pod red. Mihajlova AV, Smolenskij AV. Moscow: Sport; 2019. Russian.
8. Fajnzil'berg LS. Komp'juternaja diagnostika po fazovomu portretu jelek-trokardiogrammy [Computer diagnostics on the phase portrait of the power of trocardiere]. K.: Obrazovanie Ukrainy; 2013. Russian.
9. Fudin NA, Hadarcev AA, Orlov VA. Mediko-biologičeskie tehnologii v fizicheskoj kul'ture i sporte [Medico-biological technologies in physical culture and sport]. Moscow: ООО Izdatel'stvo «Sport»; 2018. Russian.
10. Mitchell JH. Task Force 8: classification of sports. J Am Coll Cardiol. 2005;45(8):1364-7.

Библиографическая ссылка:

Минина Е.Н., Ластовецкий А.Г. Выявление нарушений сердечной деятельности у спортсменов с применением фазографического анализа скоростных показателей электрической активности сердца // Вестник новых медицинских технологий. Электронное периодическое издание. 2020. №4. Публикация 3-4. URL: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2020-4/3-4.pdf> (дата обращения: 05.08.2020). DOI: 10.24411/2075-4094-2020-16714*

Bibliographic reference:

Minina EN, Lastovetskiy AG. Vyjavlenie narushenij serdečnoj dejatel'nosti u sportsmenov s primeneniem fazograficheskogo analiza skorostnyh pokazatelej jelektricheskoj aktivnosti serdca [Identification of cardiac disorders in athletes using phasographic analysis of velocity indicators of the heart signal]. Journal of New Medical Technologies, e-edition. 2020 [cited 2020 Aug 05];4 [about 9 p.]. Russian. Available from: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2020-4/3-4.pdf>. DOI: 10.24411/2075-4094-2020-16714

* номера страниц смотреть после выхода полной версии журнала: URL: <http://medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2020-4/e2020-4.pdf>