**МИНИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ВЕГЕТАТИВНОЙ РЕГУЛЯЦИИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА В ОЦЕНКЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ЮНЫХ ФУТБОЛИСТОВ-ПРОФЕССИОНАЛОВ**

**Щедрина Ю. А.,** доктор биологических наук, профессор, Национальный Государственный Университет Физической культуры, спорта и здоровья имени П. Ф. Лесгафта, Санкт-Петербург

**Голубев Д. В.,** аспирант, Национальный Государственный Университет Физической культуры, спорта и здоровья имени П. Ф. Лесгафта, Санкт-Петербург

**АННОТАЦИЯ**

В исследовании представлены результаты множественного линейного регрессионного анализа. Установлено, что из широкого спектра статистических и спектральных показателей вариабельности сердечного ритма наибольший вклад в интегральный предиктор «функциональное состояние, %» оказывают три параметра: pNN50%, HF мс, LF мс. Уменьшение количества анализируемых показателей дает возможность расширить физиологическое обоснование управления функциональным состоянием юных спортсменов, специализирующихся в футболе, а также оптимизировать тренировочную нагрузку в кротчайшие временные сроки.

***Ключевые слова:*** *минимизация параметров, вегетативная регуляция, сердечный ритм, детско-юношеский футбол*

**MINIMIZATION OF PARAMETERS OF VEGETATIVE REGULATION OF HEART RATE IN THE EVALUATION OF THE FUNCTIONAL СОNDITION OF YOUNG PROFESSIONAL FOOTBALL PLAYERS**

**Shedrina Yu. A.,** Grand Ph.D. in Biological Science (Physiology), Professor**,** National State University of Physical culture, sport and health named after P. F. Lesgaft, St. Petersburg

**Golubev D. V.,** Ph.D. student**,** National State University of Physical culture, sport and health named after P. F. Lesgaft, St. Petersburg

**SUMMARY**

The study presents the results of multiple linear regression analysis. It was found that from a wide range of statistical and spectral indicators of heart rate variability, the greatest contribution to the integral predictor "functional state, %" is provided by three parameters: pNN50%, HF ms, LF ms. Reducing the number of analyzed indicators makes it possible to expand the physiological rationale for managing the functional state of young athletes specializing in football, as well as to optimize the training load in the shortest possible time.

***Key words:*** *minimization of parameters, adaptation, heart rate, children-youth football*

**Введение**

На сегодняшний день современный спорт – это технологичный процесс. Аппаратно-программные комплексы, предназначенные для оценки срочных функциональных сдвигов в состоянии физиологических систем, в особенности системы кровообращения, в настоящее время составляют неотъемлемую часть тренировочной деятельности [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7]. Однако, различные инновационные технологии предлагают большой спектр параметров, в том числе и расчётных, что существенно усложняет анализ, понимание и интерпретацию получаемых данных для тренеров-практиков. В связи с этим задачей нашего исследования являлось минимизация числа показателей, оказывающих максимальное влияние на значение интегрального предиктора – «функциональное состояние %».

**Методика и организация исследования**

В исследовании учувствовали 60 юношей, специализирующиеся в футболе и проживающие в северо-западном регионе. Средние морфологические данные: возраст 16,8±1,5 лет; вес 69,4±3,5 кг; рост 170,3±3,9 см. Исследуемые показатели фиксировали в утренние часы с 9:00 до 10:00. На момент тестирования юные спортсмены не имели диагностированных заболеваний. Регистрация параметров сердечного ритма осуществлялась при помощи АПК «ОМЕГА-СПОРТ», НПФ «Динамика», Санкт-Петербург на протяжении 1 года. Запись биоэлектрической активности сердца велась во II-ом стандартном отведении из положения сидя. Анализировали статистические и спектральные показатели сердечного ритма: ИН, у.е.(индекс напряжения); ВР, мс (вариационный размах); Мо, мс (мода); АМо, % (амплитуда моды); SDNN, мс (среднее квадратичное отклонение); RMSSD, мс (квадратный корень из среднего квадрата разностей величин последовательных пар интервалов NN); pNN50, % (процентное отношение последовательных интервалов NN); LF, мс² (низкочастотные волны спектра); HF, мс² (высокочастотные волны спектра); TP, мс² (общая мощность спектра); VLF, мс² (очень низкочастотные волны), а также интегральный показатель ФС, % (функциональное состояние %). Статистический анализ осуществлялся в прикладной программе STATISTICA. 12.0. Для решения поставленных задач применяли множественный линейный регрессионный анализ.

**Результаты исследования**

Интегральный показатель – «функциональное состояние %» отражает срочные приспособительные реакции организма на тренировочные нагрузки и сопровождающие их воздействия, определяя «физиологическую цену» адаптации по степени напряжения систем, регулирующих ритм сердца. Для расчета показателя «функциональное состояние, %» в программное обеспечение отправлялась запись электрокардиограммы, на основе которой анализировались 11 показателей вариабельности сердечного ритма. Выявление показателей, оказывающих наибольшее воздействие на интегральный предиктор существенно сокращает время обработки и интерпретации данных без искажения физиологической составляющей функционального состояния спортсменов, что очень важно в практической деятельности. Анализ стандартизированных коэффициентов бета показал, что три переменных: pNN50, % (- 0,03406); LF, мс (- 0,00165) и HF, мс (- 0,00067) вносят наиболее значимый вклад в вариацию предиктора «функциональное состояние %», статистически значим только один pNN50 % (0, 045623 р < 0,05) (таблица 1).

Таблица 1 – Множественный регрессионный анализ зависимой переменной «функциональное состояние %»

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| N=120 | Regression Summary for Dependent Variable: ФС %  R=,29161455 R?= ,08503905 Adjusted R?= ,06137626  F(3,116)= 3,5938 p<,01579 Std. Error of estimate: 15,382 | | | | | |
| b\* | Std.Err.  of b\* | b | Std.Err.  of b | t(116) | p-value |
| Intercept |  |  | 81,79175 | 2,526420 | 32,37456 | 0,000000 |
| pNN50, % | -0,182287 | 0,090214 | -0,03406 | 0,016855 | -2,02062 | 0,045623 |
| LF, мс | -0,165805 | 0,091158 | -0,00165 | 0,000905 | -1,81888 | 0,071510 |
| HF, мс | 0,139846 | 0,089907 | 0,00067 | 0,000431 | 1,55545 | 0,122562 |

Регрессионное уравнение получило следующий вид: ФС, % = 81,79175 – 0,03406 x pNN50, % - 0,00165 x LF, мс + 0,00067 x HF, мс. Увеличение синусовых интервалов R-R, различающие более чем 50 мс (pNN50 %) на 1 % способствует уменьшению текущего функционального состояния на 0,03406 у.е., более того с увеличением медленных частотных волн I порядка (LF) на 1 мс функциональное состояние снижается на 0,00165 у.е.. Исследователи [1. и др.] данные параметры относят к группе симпатического звена автономной регуляции ритма сердца. Увеличение же быстрых частотных волн (HF) на 1 мс проявляет функциональные сдвиги положительного характера на 0,0067 у.е.

Анализ регрессионных остатков позволил определить разность фактических значений «функционального состояния %» и значений, предсказанных по уравнению регрессии. На рисунке 1 частотная гистограмма указывает на относительную симметричность значений остатков, а фактические значения, представленные на рисунке 2 не систематически отклоняются от теоретической нормальной кривой. Это подтверждает предположение об не отклонении нормальности остатков.



Рисунок 1 – частотная гистограмма нормального распределения значений остатков



Рисунок 2 – графический анализ нормально-вероятностных значений остатков

Общие бета-коэффициенты с 95 % доверительными интервалами были построены по экспоненте и нанесены на диаграмму рассеивания для анализа статистически значимых оценок. Выявлена частичная зависимость остатков от предсказанных по уравнению регрессии значений «функционального состояния %» рисунок 3.



Рисунок 3 – графический анализ предсказанных и остаточных значений зависимой переменной «функциональное состояние %»

Таким образом, статистический анализ позволил установить зависимость между значениями прогнозирующего параметра «функциональное состояние %» и значениями – факторами (статистические и спектральные показатели), оказывающими наибольшее влияние на его преобразование.

**Заключение**

Наибольшее воздействие на показатель «функциональное состояние %», который в свою очередь является предиктором развития заболеваний и травм, связанных с тренировочной деятельностью, оказывают три параметра сердечного ритма pNN50%; HF, мс и LF, мс. Статистический анализ подтвердил их надежность и информативность. Зная физиологическую интерпретацию этих показателей и их изменение при воздействии различных факторов возможно управление функциональным состоянием спортсменов. Таким образом, использование ограниченного числа рассматриваемых показателей в современных технологиях позволяет в кратчайшие сроки принимать физиологически обоснованные решения для оптимизации тренировочного процесса.

**Список литературы**

1. Баевский, Р. М., Иванов, Д. Г., Чирейкин, Л. В. и др. Анализ вариабельности сердечного ритма при использовании различных электрокардиографических систем: методические рекомендации. – СПб.: Вестник аритмологии, 2002. – 53 с.
2. Бушуева, Т. В. Минимизация комплекса физиологических параметров функционального состояния центральной и автономной нервной системы, регистрируемых в рамках АПК «Истоки здоровья» и «Валента» // Физическая культура, спорт – наука и практика. – 2015. – № 1. – С. 36-42.
3. Козлов, А. А., Поварещенкова Ю. А. Физиологические критерии успешности соревновательной деятельности боксера-профессионала // Физическая культура, спорт – наука и практика. – 2015. – № 3. – С. 36-40.
4. Макарова, Г. А., Барановская И. Б., Бушуева Т. В. Физиологические критерии в системе прогнозирования успешности соревновательной деятельности спортсменов в избранном годичном тренировочном цикле // Физическая культура, спорт – наука и практика. – 2013. – № 4. – С. 68-72.
5. Шлык Н.И. Прогнозирование спортивной результативности по данным анализа вариабельности сердечного ритма /Н.И. Шлык, Т.Г. Кириллова, Л.Н. Ботова, Е.Н. Сапожникова // Материалы Международной научно-практической конференции «Физиологические и биохимические основы и педагогические технологии адаптации к разным по величине нагрузкам». – Ижевск: Изд-во Удмуртский государственный университет, 2012. – С. 245-253.

6. Псеунок А. А., Муготлев М. А., Ионов А. С. Физическое развитие и вариабельность сердечного ритма юных футболистов 12-14 лет // Наука: комплексные проблемы. 2014. - № 4. - С. 10-19.

7. Fomin R, Nasedkin V: Assessing readiness is an effective way to manage athlete's preparation. In: Sport Innovation Summit: 2013; Calgary, Canada. С. 67-70

**Reference**

1. Baevskij, R. M., Ivanov, D. G., Chirejkin, L. V. i dr. Analiz variabel`nosti serdechnogo ritma pri ispol`zovanii razlichny`x e`lektrokardiograficheskix sistem: metodicheskie rekomendacii. – SPb.: Vestnik aritmologii, 2002. – 53 s.

2. Bushueva, T. V. Minimizaciya kompleksa fiziologicheskix parametrov funkcional`nogo sostoyaniya central`noj i avtonomnoj nervnoj sistemy`, registriruemy`x v ramkax APK «Istoki zdorov`ya» i «Valenta» // Fizicheskaya kul`tura, sport – nauka i praktika. – 2015. – № 1. – S. 36-42.

3. Kozlov, A. A., Povareshhenkova Yu. A. Fiziologicheskie kriterii uspeshnosti sorevnovatel`noj deyatel`nosti boksera-professionala // Fizicheskaya kul`tura, sport – nauka i praktika. – 2015. – № 3. – S. 36-40.

4. Makarova, G. A., Baranovskaya I. B., Bushueva T. V. Fiziologicheskie kriterii v sisteme prognozirovaniya uspeshnosti sorevnovatel`noj deyatel`nosti sportsmenov v izbrannom godichnom trenirovochnom cikle // Fizicheskaya kul`tura, sport – nauka i praktika. – 2013. – № 4. – S. 68-72.

5. Shly`k N. I. Prognozirovanie sportivnoj rezul`tativnosti po danny`m analiza variabel`nosti serdechnogo ritma / N. I. Shly`k, T. G. Kirillova, L. N. Botova, E. N. Sapozhnikova // Materialy` Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii «Fiziologicheskie i bioximicheskie osnovy` i pedagogicheskie texnologii adaptacii k razny`m po velichine fizicheskim nagruzkam. – Izhevsk: Izd-vo Udmurtskij gosudarstvenny`j universitet, 2012. – S. 245- 253.

6. Pseunok A. A., Mugotlev M. A., Ionov A. S. Fizicheskoe razvitie i variabel`nost` serdechnogo ritma yuny`x futbolistov 12-14 let // Nauka: kompleksny`e problemy`. 2014. - № 4. - S. 10-19.

7. Fomin R, Nasedkin V: Assessing readiness is an effective way to manage athlete's preparation. In: Sport Innovation Summit: 2013; Calgary, Canada. S. 67-70