

КИСЛОРОДНЫЙ ПУЛЬС И ЕГО ВЗАИМОСВЯЗЬ С ВАРИАБЕЛЬНОСТЬЮ РИТМА СЕРДЦА У СПОРТСМЕНОК С РАЗНОЙ НАПРАВЛЕННОСТЬЮ ТРЕНИРОВОЧНОГО ПРОЦЕССА

Титова Е. М.^{1,2}, Бородина Е. С.^{1,2}, Шило Д. Д.², Олещеня Т. С.²,
Лушков А. А.¹, Захаревич А. Л.²

¹Белорусский государственный университет

²Республиканский научно-практический центр спорта
Минск, Беларусь

Введение. Вариабельность ритма сердца (ВРС) отражает активность вегетативной нервной системы (ВНС), участвующей в реализации аллостатических механизмов при различных физиологических и патологических состояниях. Кислородный пульс (КП) является индикатором эффективности доставки кислорода за одно сердечное сокращение, а также важным показателем аэробной работоспособности и кардиореспираторной адаптации у спортсменов к тренировочным нагрузкам. Связь между кислородным пульсом и показателями ВРС может рассматриваться как индикатор эффективности аллостатической регуляции, то есть способности ВНС адаптивно перестраивать гемодинамику и доставку кислорода к мышцам при возрастающих нагрузках. Показано, что сильная положительная корреляция КП и ВСП свидетельствует о высокой аллостатической эффективности [1]. Однако, исследования корреляционных взаимосвязей показателей ВРС и кислородного пульса проводились в основном у мужчин отдельных видов спорта [2, 3]. Публикации, где бы рассматривали гендерные отличия, зависимость показателей аэробной работоспособности от направленности тренировочного процесса у женщин – немногочисленны [4, 5].

Цель. Анализ взаимосвязи показателей ВРС в покое с кислородным пульсом у женщин-спортсменок с разной направленностью тренировочного процесса.

Методы исследования. Исследование выполнялось на базе государственного учреждения «Республиканский научно-практический центр спорта» в лаборатории медико-биологических исследований. 627 женщин 18-29 лет выполняли максимальное нагрузочное тестирование с газоанализом на велоэргометре. Спортсменки были объединены в 4 группы видов спорта, в зависимости от специфики движений, структуры соревновательной и тренировочной деятельности по классификации Платонова В. Н. [6]: циклические (194 человека), игровые (215 человек), сложнокоординационные (123 человека) виды спорта и представительницы единоборств (95 человек). Регистрация вариабельности ритма сердца (ВРС) проводилась на аппаратно-программном комплексе «Поли-Спектр» до выполнения нагрузочного тестирования, регистрировались показатели спектрального (ТР, мс^2 , HF, мс^2 ,

LF, мс^2 , VLF, мс^2 , LF/HF) и временного анализа (SDNN, мс , RMSSD, мс , $\text{pNN50, \%}$). В ходе выполнения нагрузочной пробы со ступенчатовозрастающей нагрузкой измерялся объем потребляемого кислорода (л/мин) и частота сердечных сокращений (уд/мин), определялся кислородный пульс исходно сидя, на первой ступени нагрузки, на уровне порога анаэробного обмена, на пике нагрузки, на первой и пятой минуте восстановления ($\text{КП, мл/уд} = \text{VO}_{2\text{max}}/\text{ЧСС}_{\text{max}} \cdot 1000$). Полученные данные были систематизированы и проанализированы с использованием программы STATISTICA (версия 10.0, StatSoft.Inc). Силу и направленность связей между показателями кислородного пульса и ВРС в группах вида спорта определяли с расчетом коэффициента корреляции Спирмана (r) (статистически значимые связи при $p \leq 0,05$). Исследование проводилось в соответствии с действующей версией Хельсинской декларации. Все спортсмены дали письменное информированное согласие на участие в исследовании.

Результаты и их обсуждения. Анализ полученных данных у спортсменов, выявил слабую, но статистически достоверную разнонаправленную взаимосвязь показателей кислородного пульса с наиболее значимыми спектральными и временными показателями ВРС. У спортсменов циклических видов спорта выявлена слабая отрицательная связь кислородного пульса в покое с показателем симпатовагусного баланса (LF/HF) – $r = -0,156$, $p \leq 0,05$. У спортсменов игровых видов спорта выявлена слабая отрицательная взаимосвязь кислородного пульса на первой ступени нагрузки, на пороге анаэробного обмена и на пятой минуте восстановления с показателем общей мощности волнового спектра (TP) – $r = -0,137$, $r = -0,149$ и $r = -0,137$ соответственно ($p \leq 0,05$). Показатели спектрального анализа VLF и LF имели слабую отрицательную связь с кислородным пульсом на пороге анаэробного обмена – $r = -0,136$ и $r = -0,151$ соответственно ($p \leq 0,05$). Показатель VLF слабо коррелировал с кислородным пульсом в покое – $r = -0,137$ ($p \leq 0,05$), а показатель SDNN – с кислородным пульсом на первой ступени нагрузки ($r = -0,135$, $p \leq 0,05$). У представительниц сложнокоординационных видов спорта выявлена слабая положительная связь кислородного пульса на пике нагрузки с показателем симпатовагусного баланса (LF/HF) – $r = 0,187$ ($p \leq 0,05$). У представительниц единоборств зарегистрирована слабая положительная взаимосвязь показателя кислородного пульса в покое с показателями TP, LF, HF, SDNN, RMSSD – $r = 0,254$, $r = 0,313$, $r = 0,232$, $r = 0,270$, и $r = 0,305$ соответственно ($p \leq 0,05$). Кислородный пульс на пороге анаэробного обмена у этих спортсменов достоверно коррелировал с TP, LF, SDNN, RMSSD – $r = 0,226$, $r = 0,275$, $r = 0,239$ и $r = 0,236$ соответственно ($p \leq 0,05$). Показатель LF слабо коррелировал с кислородным пульсом на первой и пятой минуте восстановления – $r = 0,259$ и $r = 0,243$ соответственно ($p \leq 0,05$).

Выводы. Таким образом, у спортсменов, в зависимости от направленности тренировочного процесса, выявлены слабые, но статически значимые корреляции кислородного пульса с основными спектральными и временными показателями ВРС.

У представителей циклических видов спорта взаимосвязь показателей ВСР и КП может указывать на тенденцию к преобладанию парасимпатического тонуса.

У спортсменов игровых видов спорта выявлен паттерн отрицательных корреляционных связей: повышение кислородного пульса на начальных ступенях нагрузки, на пороге анаэробного обмена и пятой минуте восстановления сопровождается снижением общей мощности спектра (TP) и его компонентов (VLF, LF), временного показателя SDNN. Возможно, у спортсменов этого вида спорта при росте аэробной эффективности происходит уменьшение общей ВРС.

У представителей сложнокоординационных видов спорта увеличение кислородного пульса на пике нагрузки вероятно связано со смещением симпатовагусного баланса в сторону увеличения симпатической активности.

У представителей единоборств увеличение кислородного пульса в покое, на пороге анаэробного обмена и в раннем периоде восстановления возможно сопряжено с увеличением общей мощности спектра TP, всех его основных частотных, а также временных показателей. Это вероятно свидетельствует об усилении общей вариабельности ритма сердца, сбалансированном участии симпатических и парасимпатических звеньев в его вегетативной регуляции.

ЛИТЕРАТУРА

1. Русанов, Б. В. Концепция аллостаза и вегетативная регуляция в космическом полете / Б. В. Русанов, И. М. Ларина, А. М. Носовский // Физиология человека. – 2023. – Т. 49, № 6. – С. 117-127.
2. Кудря, О. Н. Адаптация сердечно-сосудистой системы спортсменов к нагрузкам разной направленности / О. Н. Кудря, Л. Е. Белова, Л. В. Капилевич // Вестн. Том. гос. ун-та. – 2012. – № 356. – С.162-166.
3. Марков, А. Л. Вариабельность сердечного ритма у лыжников-гонщиков с разным уровнем максимального потребления кислорода // А. Л. Марков // Экология человека. – 2022. – Т. 29, № 10. – С. 741-748.
4. Бубенкова, О. М. Функциональная характеристика квалифицированных спортивных единоборцев на основе кардиоритмографических исследований // О. М. Бубенкова, В. Н. Чернова, Е. В. Сафоновкова // Человек. Спорт. Медицина. – 2025. – № 2. – С. 88-94.
5. Титова, Е. М. Взаимосвязь вегетативной регуляции ритма сердца с аэробной работоспособностью спортсменов с разной направленностью тренировочного процесса / Е. М. Титова // Прикладная спортивная наука. – 2025. – № 1 (21). – С. 92-98.
6. Платонов, В. Н. Общая теория и методика подготовки спортсменов в олимпийском спорте. / В. Н. Платонов. – Киев : Олимпийская литература, 1997. – 583 с.