

Показатели вариабельности сердечного ритма у профессиональных футболистов при различных режимах анаэробного тестирования в динамике подготовительного периода

П.А. Терехов^{1*}, Т.М. Брук¹, Е.А. Киндюхин¹, О.С. Глазачев²

¹ ФГБОУ ВО «Смоленский государственный университет спорта», Смоленск, Россия

² ФГАУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова» Минздрава России (Сеченовский Университет), Москва, Россия

РЕЗЮМЕ

Цель исследования: изучить динамику работоспособности и ее регуляторного нейровегетативного обеспечения у профессиональных футболистов при различных режимах анаэробного энергообеспечения на этапах подготовительного периода.

Материалы и методы: В проспективном исследовании приняли участие 16 спортсменов мужского пола 18–20 лет из числа членов сборной команды Смоленского государственного университета спорта по футболу на специально-подготовительном этапе тренировочно-соревновательного цикла. Спортсмены выполняли анаэробные тесты продолжительностью 6, 15 и 45 секунд, направленных на оценку скоростно-силовых способностей, максимальной алактатной мощности (МАМ) и гликолитической выносливости, соответственно на велоэргометре Ergomic 894E «Monark» в модернизированном варианте. Оценку функционального состояния атлетов в динамике тестов проводили путем регистрации показателей вариабельности сердечного ритма (ВСР) с применением устройства «Варикард 2.6».

Результаты: Исходные значения анаэробной работоспособности у квалифицированных футболистов находились при проведении всех трех тестов на высоком уровне и соответствовали их квалификации. Интенсивные тренировочные факторы подготовительного периода отразились в потенцировании их специальной работоспособности. В то же время наименее «тренируемыми» в динамике подготовительного периода, но наиболее устойчивыми и менее «затратными» в нейровегетативном обеспечении мышечной деятельности оказались скоростно-силовые способности. При оценке динамики изменений МАМ и гликолитической выносливости у футболистов отмечены более значимые приросты значений соответствующих индикаторов ВСР, максимально выраженные к завершению специально-подготовительного периода. Однако такой прогресс в показателях анаэробной работоспособности сопровождался негативной динамикой в показателях ВСР, что можно оценить как перенапряжение автономной регуляции, начальные признаки перетренированности.

Заключение: Наиболее сложным в плане напряжения автономной регуляции признан 45-секундный анаэробный тест, в течение которого происходит переключение метаболизма на гликолиз. Полученные результаты доказывают обоснованность модификаций тренировочных режимов футболистов на подготовительном этапе, направленных на оптимизацию нагрузок алактатной и гликолитической направленности и улучшение результатов спортивного тестирования с сохранением адекватного функционального состояния молодых спортсменов.

Ключевые слова: футбол, молодые футболисты анаэробная работоспособность, максимальная частота движений, относительная мощность, коэффициент выносливости, вариабельность сердечного ритма, нейровегетативное обеспечение

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Терехов П.А., Брук Т.М., Киндюхин Е.А., Глазачев О.С. Динамика работоспособности и ее автономного обеспечения у профессиональных футболистов при различных режимах анаэробного энергообеспечения на этапах подготовительного периода. *Спортивная медицина: наука и практика*. 2024;14(2):5–15. <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2024.2.7>

Поступила в редакцию: 29.07.2024

Принята к публикации: 19.11.2024

Online first: 03.12.2024

Опубликована: 15.12.2024.

* Автор, ответственный за переписку

Heart rate variability indices in professional football players under various anaerobic testing modes in dynamics of the preparatory period

Pavel A. Terekhov^{1,*}, Tatiana M. Brooke¹, Egor A. Kindyukhin¹, Oleg S. Glazachev²

¹ Smolensk State University of Sports, Smolensk, Russia

² I.M. Sechenov First Moscow State Medical University, Moscow, Russia

ABSTRACT

Objective: to study the dynamics of performance and its regulatory neurovegetative support in professional football players under various anaerobic energy supply regimes at the stages of the preparatory period.

Materials and methods: in a prospective study, 16 male athletes aged 18–20 years, first sports category, the main squad of the Smolensk State University of Sports football team at a special preparatory stage of the training and competition cycle were examined. Athletes performed anaerobic tests lasting 6, 15, and 45 seconds to assess, respectively, speed-strength abilities, maximum alactic power and glycolytic endurance on a modernized version of the Ergonomic 894E “Monark” bicycle ergometer. The functional state of athletes in the dynamics of the tests was assessed by diagnosing heart rate variability indicators using the “Varicard 2.6” device.

Results: the initial values of anaerobic performance in qualified football players were high during all three tests and corresponded to their qualification. Intensive training factors of the preparatory period were reflected in the potentiation of their special performance. At the same time, the least “trainable” in the dynamics of the preparatory period, but the most stable and less “costly” in the neurovegetative provision of muscle activity were speed-strength abilities. With the transition to the test assessment of the dynamics of maximum alactic power (MAP) and glycolytic endurance in football players, more significant increases in the values of the corresponding indicators were noted, most pronounced by the end of the special preparatory period. However, such progress in anaerobic performance indicators was accompanied by negative dynamics in HRV indicators (a significant decrease in HF values, the most pronounced increase in LF, LF / HF, VLF), which can be assessed as an overstrain of autonomic regulation, initial signs of overtraining.

Conclusion: the most difficult in terms of the tension of autonomous regulation is recognized as a 45-second anaerobic test, during which the metabolism switches to glycolysis. The obtained results prove the validity of modifications of training regimes of football players at the preparatory stage, aimed at optimizing/reducing the loads of alactate and glycolytic orientation in favor of aerobic training, in order to “bring out” athletes to the best test sports results while maintaining an adequate functional state.

Keywords: anaerobic performance, maximum frequency of movements, relative power, endurance coefficient, heart rate variability, football players, neurovegetative support

Conflict of interests: the authors declare no conflict of interest.

For citation: Terekhov P.A., Brooke T.M., Kindyukhin E.A., Glazachev O.S. Heart rate variability indices in professional football players under various anaerobic testing modes in dynamics of the preparatory period. *Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice)*. 2024;14(2):5–15. (In Russ.). <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2024.2.7>

Received: 29 July 2024

Accepted: 19 November 2024

Online first: 3 December 2024

Published: 15 December 2024

*Corresponding author

1. Введение

Одним из важнейших аспектов развития современного спорта является пополнение эмпирической базы результатов научных исследований с целью качественного медико-биологического обеспечения деятельности спортсменов [1, 2]. Подготовительный период в годичном цикле важен для поступательного выхода спортсменов на пик оптимальной готовности к предстоящему соревновательному сезону. При этом важной в прогностическом плане является адекватная организация тренировочного процесса, не сопровождающаяся перегрузкой организма спортсмена и развития признаков перетренированности.

Имеющиеся технологии и методы, в частности устройства и программы анализа показателей вариабельности сердечного ритма (ВСР), широко применяются в спортивной физиологии и медицине и позволяют неинвазивно анализировать динамику изменений компенсаторных механизмов нейрогуморальной регуляции функций [3, 4], а также разрабатывать критерии

распознавания функциональных состояний, пограничных между нормой и патологией, в случае неадекватных спортивных нагрузок [5–7].

Анализ динамики маркеров ВСР, особенно при кратковременных, но значительных анаэробных нагрузках, позволяет оценить особенности автономной регуляции в различные периоды учебно-тренировочного процесса, определять отклонения при функциональном тестировании, которые могут быть признаками донозологических состояний, в частности у представителей игровых видов спорта, в том числе у профессиональных футболистов [8–10].

В то же время исследований, в которых функциональный мониторинг проводился в динамике тренировочного процесса при выполнении нагрузочных тестов разной направленности и интенсивности, в доступной литературе встречается крайне мало [11, 12].

С другой стороны, для подготовки спортсменов игровых видов (футбол, волейбол, гандбол и др.) актуальной

в настоящее время является объективизация количественной регистрации анаэробных способностей, реализуемых на портативном и удобном для практикующих специалистов программном оборудовании. К тому же даже в иностранной литературе существует дефицит данных, в которых были бы описаны комплексные тесты их диагностики с учетом длительности испытаний [13–15].

Цель исследования — изучить динамику работоспособности и ее регуляторного нейровегетативного обеспечения у молодых футболистов при различных режимах анаэробного энергообеспечения на начальном и завершающем этапах подготовительного периода тренировочно-соревновательного цикла.

2. Материалы и методы

В проспективном исследовании приняли участие 16 молодых футболистов в возрасте 18–20 лет из основного состава сборной ФГБОУ ВО «СГУС» по футболу на специально-подготовительном (февраль — апрель 2024 года) этапе подготовки к чемпионату «Союз Федераций футбола «Центр». Участники имели непрерывный стаж занятий футболом в среднем $13,5 \pm 0,5$ года и участвовали в тренировках 4–6 раз в неделю. Масса тела атлетов в начале исследования составляла $75,97 \pm 3,25$ кг, а рост — $176,4 \pm 4,15$ см соответственно, и достоверно данные параметры не изменялись по ходу эксперимента.

Учет игровых амплуа не проводился, поскольку защитники ($n = 6$), полузащитники ($n = 6$) и нападающие ($n = 4$), участвовавшие в эксперименте, тренировались по единому плану в рамках анализируемого периода, за исключением вратарей, у которых была отдельная программа подготовки с персональным тренером.

Скоростно-силовые (6-секундный силовой тест) способности, параметры максимальной алактатной мощности (МAM) (15-секундный тест предельной интенсивности) и гликолитическая выносливость (45-секундный продолжительный тест) оценивались у каждого спортсмена в начале и конце подготовительного периода. Велоэргометрическое тестирование проводилось последовательно в трех указанных тестах в отмеченном порядке с 15-минутным интервалом между ними на велоэргометре Ergomedic 894E («Monark») в модернизированном варианте с добавлением отечественного программного обеспечения для регистрации анаэробных кондиций спортсменов. Для повышения точности регистрации в колесе были прорезаны четыре вспомогательных отверстия под углом 0, 90, 180 и 270 °С установкой над ними оптических датчиков движения, звуковой сигнал с которых передавался на системно-цифровой блок, соединенный с ноутбуком (погрешность измерения не превышала 0,01 %). Для качественной оценки динамики анализируемых параметров были разработаны авторские программные интерфейсы.

В 6-секундном тесте учитывались максимальная частота движений ($F_{\max}$, об/мин), время достижения

максимальной частоты движений, равное 70 % от максимально возможной ($t-70\%$, с), максимальная (пиковая) мощность ($W_{\max}$, Вт), относительная мощность ($W_{\text{отн.}}$, Вт/кг) и градиент прироста мощности во время выполнения первого движения на велоэргометре (J , Вт/с).

Оценка МAM (15-секундный тест) и гликолитической выносливости (45-секундный тест) спортсменов осуществлялась посредством регистрации показателей объема выполненной работы (A , Дж), максимальной (пиковой) мощности ($W_{\max}$, Вт), относительной мощности ($W_{\text{отн.}}$, Вт/кг), коэффициента выносливости (KB , усл. ед.) и темпа — количества оборотов колеса велоэргометра.

Для оценки динамики вегетативного обеспечения интенсивной мышечной деятельности до и после каждого из трех тестов на начальных и заключительных этапах специально-подготовительного периода проводили регистрацию кардиоинтервалограммы (КИГ) с использованием устройства «Варикард 2.6» с отечественным программным обеспечением «Иским-6» (Россия, Рязань, эпоха регистрации 300 с) с последующим анализом принятых амплитудно-частотных и спектральных характеристик вариабельности сердечного ритма (BCP). Запись КИГ проводилась при положении спортсмена полулежа в кресле, после наиболее продолжительной (45 секунд) пробы — спустя минуту периода восстановления, следуя принятым рекомендациям [5, 7]. Для анализа учитывались общая мощность спектра BCP (TP , mc^2), мощность высоко-, низко- и очень низкочастотной области спектра (HF и LF , VLF mc^2), отражающих активность парасимпатического отдела, симпато-парасимпатического барорефлекторного контроля и центральных гипоталамических механизмов регуляции соответственно, индекс вагосимпатического равновесия (LF/HF , усл. ед.), среднеквадратичное различие между длительностью соседних R–R-интервалов ($RMSSD$, mc^2), доля соседних синусовых интервалов R–R, которые различаются более чем на 50 мс ($pNN50$, %). Последние два из указанных показателя в большей степени отражают парасимпатическую активность в регуляции ритма сердца.

Данное исследование было одобрено этическим комитетом Смоленского государственного университета спорта (протокол № 5 от 22.01.2024 г.).

Статистическая обработка материала проведена с помощью пакета программы «IBM SPSS Statistics 19», для Windows (StatSoft, Inc., USA). Проверка на нормальность и гомогенность распределения данных проводилась с применением критерия Шапиро — Уилка (Shapiro — Wilk's W -test). Для количественных показателей, имеющих нормальное распределение, проводился расчет средних арифметических (M) и стандартных отклонений (SD). Для величин в нормально распределенных совокупностях рассчитывался t -критерий Стьюдента. При отсутствии нормального распределения вычисляли медиану (Me) с межквартильным диапазоном (IQR), нижний и верхний квартили (25 %

и 75 %) (Me [Q25–Q75]), рассчитывался *T*-критерий Вилкоксона. Для выявления динамики изменения изученных характеристик рассчитывался относительный сдвиг, или «взвешенная дельта» ($\Delta\epsilon = x_1 - x_2 / x_1 \times 100\%$), где x_1 — исходное значение показателя, x_2 — в конце подготовительного периода (таблицы 1 и 2) или после выполнения теста (таблицы 3–5).

3. Результаты

В течение трехмесячного подготовительного периода футболисты каждую неделю выполняли пять тренировок длительностью около двух часов.

В понедельник занятия проходили в крытом легкоатлетическом комплексе, осуществлялась преимущественно силовая работа с отягощениями для повышения кондиций мышц нижних конечностей. Во вторник тренировка проходила на футбольном поле и включала в себя бег в разных зонах интенсивности в сочетании работой с мячами. В среду тренировка проводилась в крытом легкоатлетическом комплексе и включала в себя прыжки через барьеры, махи, направленные на укрепление приводящих мышц бедра, круговую тренировку, а после завершения основной части выполнялся бег в умеренном темпе. В четверг и пятницу занятия проходили на футбольном поле, и во время них осуществлялась преимущественно специфическая работа на совершенствование технико-тактической подготовленности, применялись игровые упражнения (держание мяча, «квадраты», дриблинг). В субботу проводилась двусторонняя или товарищеская игра, а воскресенье всегда было выходным. Представленная модельная схема недельного микроцикла по дням реализовывалась в течение всего подготовительного периода, в последующих тренировках изменялось лишь соотношение обозначенных выше специальных упражнений и игровых комплексов с акцентированным воздействием на смену ведущих групп мышц, задействованных на предыдущем занятии. Таким образом, в тренировочном режиме атлетов доминировали околопредельные нагрузки (80–90 % от максимума).

При исходном тестировании значения регистрируемых показателей в 6-секундном тесте у футболистов находились на относительно высоком уровне в сравнении с другими исследованиями [16, 17]. Так, предельная частота силовой работы составила 172 ± 4 об/мин, время ее пиковой амплитуды — $2,003$ с (Me [IQR]: $2,003$ [1923,1; 2080,2]), а результирующая мощность — 903 ± 11 Вт (табл. 1). В конце подготовительного периода отмечен значимый прирост значений как мощностных, так и временных показателей. То есть установлен существенный прирост работоспособности атлетов при алактатном тестировании и адекватности этой нагрузки в избранной практике оценки спортивной деятельности футболистов.

Значения параметров МАМ и гликолитической выносливости в начале подготовительного периода

у обследуемых также соответствовали диапазонам высокого уровня относительно известных исследований [18, 19] (табл. 2).

В конце подготовительного периода зафиксирован значимый прирост результативности тренировочного процесса как в объеме выполняемой нагрузки, так и в мощности, значениях коэффициента выносливости и темпе педалирования.

Что касается индикаторов гликолитической выносливости в 45-секундном тесте, то их диапазон (по собственному десятилетнему опыту тестирования на данной комплексной велоэргометрической установке атлетов других специализаций — волейбол, баскетбол, фехтование и др.), соответствовал высокому уровню в объеме как произведенной работы, так и мощности. В конце подготовительного периода был зафиксирован значимый прирост результативности как в объеме, так и мощности выполняемой работы (от 4 до 15 %), коэффициенте выносливости и темпе выполняемой нагрузки (3–9 %).

Таким образом, при сравнительном анализе результатов велоэргометрического тестирования в трех тестах выявлены наименьшие приросты значений индикаторов скоростно-силовых способностей атлетов (в 6-секундном тесте), но высокие адаптивные возможности футболистов к условиям бескислородного энергообеспечения мышц при алактатном и гликолитическом режимах тестирования. Более того, тренировочные факторы подготовительного периода позитивно отразились в потенцировании специальной работоспособности квалифицированных футболистов по результатам специальных анаэробных тестов длительностью 15 и 45 секунд.

В то же время в динамике показателей вегетативного обеспечения выполнения тестовых нагрузок в начале и в конце подготовительного периода (с интервалом в 3,5 месяца) выявлены существенные различия.

При исходном выполнении 6-секундного теста у всех футболистов отмечен незначительный прирост значений частоты сердечных сокращений (ЧСС) при значимом снижении индикаторов парасимпатической активности (HF, RMSSD) и умеренном повышении значений LF (симпато-парасимпатический барорефлекторный контроль миокарда) и, соответственно, лишь тенденции к приросту индекса LF/HF (табл. 3).

В конце подготовительного периода выполнение того же теста с большей результативностью (производительностью) сопровождалось более значимым приростом значений ЧСС, достоверно большим снижением парасимпатического контроля ритма сердца, что проявлялось в существенно более выраженном снижении разницы значений показателей «до — после теста» HF, TP, RMSSD, pNN50. При этом значения LF, VLF, LF/HF повышались на значительно большую величину, чем при исходном тестировании (табл. 3).

При исходном тестировании характеристик МАМ у футболистов после 15-секундного теста, оцениваемого

Таблица 1

Динамика силовых способностей у футболистов по данным 6-секундного анаэробного теста в процессе наблюдения

Table 1

Dynamics of strength abilities in football players according to the 6-second anaerobic test during observation

Показатели / Indicators	Нагрузка, кг / Load, kg; ME, IQR	Fmax, об/мин / Frequency; rpm, M ± SD	t 70 %, с / time, sec; ME, IQR	Wmax, Вт / Power, watt; M ± SD	Wотн., Вт/кг / Power, watt / kg; ME, IQR	J, Вт/с / Gradient, W/s; M ± SD
6-секундный тест (силовые способности) / 6 Second Test (Strength Abilities)						
Исходный уровень / Baseline	5,45 (4,12; 6,67)	172 ± 4	2,003 (1,923; 2,080)	903 ± 11	11,64 (10,81; 12,35)	353 ± 7
В конце подготовительного периода / At the end of the preparatory period	5,15 (3,62; 6,54)	181 ± 5	1,801 (1,764; 1,832)	956 ± 13	12,43 (11,05; 13,73)	384 ± 9
p	0,425	0,043	0,035	0,041	0,039	0,037
Δ, начало — конец / Δ, beginning — end	-1,15 ± 0,20	+4,9 ± 1,5	-10,1 ± 2,5	+5,8 ± 1,7	+6,8 ± 1,9	+8,9 ± 2,2

Примечание: в таблице 2 указаны точные значения величины p — уровня значимости различий исходных значений по сравнению с концом подготовительного периода.

Note: the exact values p -value the level of significance of differences in baseline values compared to the end of the preparatory period are indicated in Table 2.

Таблица 2

Динамика индикаторов анаэробной мощности и гликолитической выносливости у футболистов по данным 15- и 45-секундных анаэробных тестов в процессе наблюдения

Table 2

Dynamics of indicators of anaerobic power and glycolytic endurance in football players according to 15-and 45-second anaerobic tests during observation

Показатели / Indicators	Нагрузка, кг / Load, kg; ME, IQR	A, Дж / A, J; M ± SD	W max, Вт / Power, watt; M ± SD	Wотн., Вт/кг / Power, watt / kg; ME, IQR	КВ, усл. ед. / KV, conven. units; ME, IQR	Темп / Pace; M ± SD
15-секундный тест (максимальная мощность) / 15 second test (maximum power)						
Исходный уровень / Baseline	3,95 (3,56; 4,24)	10345 ± 124	753 ± 15	8,93 (8,32; 9,51)	0,959 (0,941; 0,976)	37,1 ± 1,2
В конце подготовительного периода / At the end of the preparatory period	3,65 (3,14; 4,05)	11314 ± 156	815 ± 17	10,39 (9,67; 11,02)	0,985 (0,965; 1,001)	39,9 ± 1,4
p	0,516	0,018	0,036	0,016	0,043	0,038
Δ, начало — конец / Δ, beginning — end	-3,5 ± 0,4	+9,4 ± 2,3	+8,2 ± 2,1	+16,3 ± 2,8	+2,8 ± 0,9	+7,9 ± 1,7
45-сек. тест (гликолитическая выносливость) / 45 sec. test (glycolytic endurance)						
Исходный уровень / Baseline	2,25 (1,96; 2,45)	16434 ± 173	384 ± 12	4,75 (4,52; 4,95)	0,951 (0,965; 1,001)	111 ± 1,5
В конце подготовительного периода / At the end of the preparatory period	1,96 (1,81; 2,10)	18197 ± 193	441 ± 14	5,58 (5,31; 5,81)	0,977 (0,962; 0,987)	120 ± 2
p	0,585	0,017	0,016	0,015	0,041	0,034
Δ, начало — конец / Δ, beginning — end	-2,6 ± 0,3	+10,8 ± 2,5	+14,9 ± 2,9	+17,4 ± 3,1	+2,7 ± 0,8	+8,7 ± 2,2

Таблица 3

Динамика показателей ВСР у футболистов до и после 6-секундного анаэробного теста в процессе наблюдения

Table 3

Dynamics of HRV indices in football players before and after a 6-second anaerobic test during observation

Показатели / Indicators	Начало подготовительного периода / Beginning of the preparatory period				Окончание подготовительного периода / End of the preparatory period			
	Исходно / Initially	После нагрузки / After load	<i>p</i>	Δ, до — после / Before — after	Исходно / Initially	После нагрузки / After load	<i>p</i>	Δ, до — после / Before — after
ЧСС / heart rate; <i>ME, IQR</i>	50,2 (46,5; 52,6)	57,42 (54,1; 60,2)	0,041	+14,1 ± 1,4	58,7 (54,3; 62,1)	68,9 (64,9; 71,1)	0,036	+17,3* ± 1,7
TP, мс²; <i>M ± SD</i>	6680 ± 185	6021 ± 173	0,523	-9,2 ± 1,2	6414 ± 162	5623 ± 157	0,043	-12,6* ± 1,5
HF, мс²; <i>M ± SD</i>	4456 ± 141	3280 ± 126	0,032	-25,2 ± 1,9	3723 ± 145	2445 ± 121	0,027	-34,3* ± 2,4
LF, мс²; <i>M ± SD</i>	1618 ± 57	1935 ± 62	0,038	+17,2 ± 1,6	2018 ± 77	2431 ± 83	0,035	+22,6* ± 2,2
VLF, мс²; <i>ME, IQR</i>	510 (465,6; 547,3)	605,5 (545,1; 651,3)	0,035	+18,7 ± 2,1	561 (520,6; 598,5)	691 (623,7; 752,2)	0,032	+23,2* ± 2,7
LF / HF, усл. ед.; <i>ME, IQR</i>	0,34 (0,29; 0,38)	0,55 (0,48; 0,61)	0,467	+61,7 ± 3,2	0,52 (0,46; 0,57)	0,92 (0,86; 0,96)	0,039	+76,9* ± 3,8
RMSSD, мс; <i>ME, IQR</i>	68,7 (65,5; 71,4)	52,1 (49,3; 54,2)	0,034	-24,2 ± 2,6	63,5 (59,8; 66,1)	42,8 (39,2; 44,9)	0,030	-32,5* ± 3,4
pNN50, %; <i>ME, IQR</i>	47,9 (44,7; 50,5)	36,7 (34,2; 38,1)	0,495	-23,3 ± 2,4	44,2 (42,5; 45,1)	30,1 (27,6; 32,1)	0,042	-31,9* ± 3,2

Примечание: здесь и далее в таблицах указаны точные значения величины *p* — уровень значимости различий «до-после» нагрузки на одном этапе тестирования; * — между дельтами сдвигов показателей «до-после» соответствующего теста.

Note: here and further in the tables the exact values of the *p* — level of significance of the differences “before-after” of the load at one stage of testing are indicated; * — between the deltas of the shifts of the indicators “before-after” of the corresponding test.

как промежуточный по длительности спринт, происходило значительное усиление симпато-адреналовых влияний в регуляции кардиоритма по данным динамики ЧСС; LF VLF; LF/HF при снижении значений индикаторов парасимпатического контроля — HF; RMSSD; pNN50 (табл. 4). Причем сдвиги значений этих показателей были выражены в большей степени, чем при выполнении 6-секундного теста.

В конце же подготовительного периода аналогичные по направленности сдвиги были существенно более выражены, при этом значения дельт — сдвигов показателей были достоверно выше по всем анализируемым индикаторам ВСР. Так, если при исходном тестировании прирост значений индекса симпато-парасимпатического баланса LF/HF составил около 100 %, но его средние значения после теста оставались в диапазоне умеренной ваготонии, то в конце подготовительного периода значения дельты LF/HF «до — после теста» составили +191,2 ± 12,5 %, а среднegrupповое значение индекса превышало 2 единицы, то есть соответствовало диапазону умеренной симпатикотонии, централизации управления сердечным ритмом.

В динамике же автономного обеспечения выполнения теста гликолитической направленности анаэробной работоспособности обнаружены максимально

выраженные различия. Так, у футболистов в начале подготовительного периода через минуту после 45-секундного теста при регистрации КИГ и анализе показателей ВСР отмечены значимый прирост ЧСС, снижение значений индикаторов вагусного контроля кардиоритма — HF, RMSSD, pNN50, общей мощности спектра ВСР — TP. При этом существенно повысились значения LF, VLF, а среднegrupповые значения индекса симпато-парасимпатического баланса LF/HF достигали максимальных значений в сравнении с аналогичными при начальном проведении 6-секундного и 15-секундного тестов (табл. 5). Таким образом, анализ результатов автономного контроля интенсивной мышечной деятельности в трех тестах выявил наибольшее напряжение регуляторных механизмов после выполнения работы анаэробно-гликолитического характера.

В конце подготовительного периода после аналогичного теста у футболистов были отмечены еще более выраженные (максимальные значения дельт) сдвиги большинства регистрируемых параметров ВСР — сохранялась значимая тахикардия (ЧСС в диапазоне 82–90 уд/мин), критическая парасимпатическая «депрессия» (снижение значений HF на 86,2 %, RMSSD — на 93,8 % и pNN50 — на 90,4 %) при значительном увеличении индикаторов барорефлекторной симпатической

Таблица 4

Динамика показателей ВСР у футболистов до и после 15-секундного анаэробного теста в процессе наблюдения

Table 4

Dynamics of HRV indices in football players before and after a 15-second anaerobic test during observation

Показатели / Indicators	Начало подготовительного периода / Beginning of the preparatory period				Окончание подготовительного периода / End of the preparatory period			
	Исходно / Initially	После нагрузки / After load	<i>p</i>	Δ , до — после / Before — after	Исходно / Initially	После нагрузки / After load	<i>p</i>	Δ , до — после / Before — after
ЧСС / heart rate; <i>ME, IQR</i>	53,9 (50,9; 56,4)	62,9 (58,3; 65,8)	0,035	+16,7 ± 1,9	60,7 (56,2; 63,9)	74,25 (68,7; 79,5)	0,030	+22,3* ± 2,7
TP, мс²; <i>M ± SD</i>	6225 ± 180	5451 ± 177	0,039	-12,8 ± 1,4	6018 ± 181	4944 ± 165	0,035	-18,1* ± 2,2
HF, мс²; <i>M ± SD</i>	3625 ± 137	2245 ± 131	0,025	-38,1 ± 3,2	3137 ± 135	1334 ± 126	0,012	-57,6* ± 4,2
LF, мс²; <i>M ± SD</i>	1954 ± 61	2361 ± 69	0,031	+20,7 ± 2,3	2230 ± 75	2786 ± 81	0,027	+24,9* ± 2,5
VLF, мс²; <i>ME, IQR</i>	556 (498,4; 603,7)	673 (546,1; 765,4)	0,034	+21,1 ± 2,2	592 (512,3; 663,7)	771 (642,4; 886,2)	0,024	+30,3* ± 3,1
LF / HF, усл. ед.; <i>ME, IQR</i>	0,49 (0,40; 0,57)	0,99 (0,86; 1,10)	0,043	+102,1 ± 9,3	0,68 (0,59; 0,75)	1,98 (1,87; 2,07)	0,040	+191,2* ± 12,5
RMSSD, мс; <i>ME, IQR</i>	59,8 (57,25; 61,46)	38,8 (35,4; 41,5)	0,029	-35,1 ± 3,9	53,7 (49,6; 56,8)	25,3 (20,7; 29,4)	0,016	-52,8* ± 5,6
pNN50, %; <i>ME, IQR</i>	40,2 (36,5; 43,1)	25,2 (22,3; 27,5)	0,027	-37,3 ± 3,7	34,7 (30,2; 38,3)	14,9 (10,1; 19,2)	0,014	-57,1* ± 4,8

активности и центральных регуляторных влияний — LF и VLF. Значения же индекса симпато-парасимпатического баланса возрастали более чем в семь раз, достигая среднegrupповых значений 6,69 усл. ед. (Me [IQR]: 6,69 [6,10; 7,06]), что может расцениваться как гиперсимпатикотония, максимальное напряжение автономного контроля кардиоритма [20].

4. Дискуссия

Проблемы адекватной организации медико-биологического контроля, профилактики перенапряжения, развития синдрома перетренированности и допуска спортсменов к ответственным стартам сохраняют свою актуальность, поскольку нередки случаи преждевременного завершения профессиональной карьеры из-за скрытой сердечно-сосудистой, неврологической патологии, чрезмерных нагрузок и пр. [21]. Одним из важных направлений является функциональный мониторинг текущего состояния организма спортсменов на воздействие стандартных нагрузок, характерных для избранного вида спорта [17, 22, 23].

В работах последних лет представлены отдельные аспекты влияния длительного процесса тренировки на разных этапах тренировочно-соревновательного цикла у футболистов на параметры преимущественно аэробной работоспособности с фрагментарным учетом индикаторов их автономного обеспечения [24, 25].

Однако практика показывает, что интенсификация тренировочных воздействий часто приводит

к нарушению метаболизма, срыву процессов адаптации, развитию патологии, в частности кардиореспираторной системы [1, 20, 21]. Для своевременной коррекции учебно-тренировочного процесса у футболистов необходимо осуществлять мобилизацию скрытых резервов организма с развитием скоростно-силовых способностей, алактатной мощности и гликолитической выносливости, но с контролем «физиологической цены» достигаемых результатов, степени напряжения и вегетативных перестроек.

Полученные в ходе исследования результаты подтвердили исключительную ориентированность применяемого тренировочного процесса, характерного для подготовительного этапа, на достижение наивысшего результата при комплексном тестировании анаэробных возможностей в ущерб поддержанию функционального состояния и адекватной автономной регуляции. Результаты подчеркивают значимость анализа параметров ВСР для первичной профилактики признаков утомления и своевременной экспресс-диагностики перенапряжения у футболистов. Учитывая разработанные протоколы и стандарты применения методов анализа ВСР у спортсменов и высокую воспроизводимость результатов анализа автономной регуляции при применении тестирующих нагрузок умеренной интенсивности и продолжительности [2, 4, 7, 8], в исследовании оценивали динамику индикаторов автономной регуляции при дозированных нагрузках в различных режимах энергообеспечения.

Таблица 5

Динамика показателей ВСР у футболистов до и после 45-секундного анаэробного теста в процессе наблюдения

Table 5

Dynamics of HRV indices in football players before and after a 45-second anaerobic test during observation

Показатели / Indicators	Начало подготовительного периода / Beginning of the preparatory period				Окончание подготовительного периода / End of the preparatory period			
	Исходно / initially	После нагрузки / After load	<i>p</i>	Δ , до — после / Before — after	Исходно / initially	После нагрузки / After load	<i>p</i>	Δ , до — после / Before — after
ЧСС / heart rate; <i>ME, IQR</i>	61,9 (57,5; 65,2)	75,2 (71,3; 78,6)	0,017	+21,5 ± 2,6	63,7 (60,2; 66,7)	86,9 (82,4; 90,1)	0,014	+36,4** ± 3,9
TP, мс²; <i>M ± SD</i>	5745 ± 172	4825 ± 181	0,032	-15,9 ± 1,7	5512 ± 164	4167 ± 151	0,028	-24,6* ± 2,5
HF, мс²; <i>M ± SD</i>	2867 ± 140	1236 ± 96	0,012	-56,3 ± 4,6	2641 ± 134	421 ± 92	0,008	-86,2** ± 6,7
LF, мс²; <i>M ± SD</i>	2214 ± 65	2801 ± 70	0,025	+26,5 ± 2,7	2196 ± 60	2935 ± 68	0,023	+33,8* ± 3,1
VLF, мс²; <i>ME, IQR</i>	598 (514,1; 653,3)	736 (620,4; 825,2)	0,028	+23,1 ± 2,9	612 (570,1; 635,4)	769 (698,3; 814,1)	0,025	+25,6 ± 3,8
LF / HF, усл. ед.; <i>ME, IQR</i>	0,73 (0,65; 0,79)	2,13 (1,95; 2,23)	0,030	+191,7 ± 14,1	0,80 (0,72; 0,86)	6,69 (6,10; 7,06)	0,017	+736,3** ± 21,5
RMSSD, мс; <i>ME, IQR</i>	50,3 (47,72; 52,16)	24,3 (21,45; 26,70)	0,014	-51,7 ± 5,9	46,8 (43,85; 49,10)	2,9 (1,47; 4,15)	0,010	-93,8** ± 10,7
pNN50, %; <i>ME, IQR</i>	30,2 (27,61; 32,50)	15,5 (13,27; 17,14)	0,016	-48,6 ± 5,2	27,2 (25,12; 29,05)	2,6 (1,71; 3,28)	0,012	-90,4** ± 10,3

Исходные значения анаэробной работоспособности у квалифицированных футболистов находились при проведении всех трех тестов на высоком уровне, соответствовали их квалификации. Тренировочные факторы подготовительного периода отразились в потенцировании их специальной работоспособности. В то же время наименее «тренируемыми» (по степени прироста тестовых результатов «начало — конец») в динамике подготовительного периода, но наиболее устойчивыми, стабильными в вегетативном обеспечении мышечной деятельности оказались скоростно-силовые способности, анализируемые при проведении 6-секундного теста.

С переходом на тестовую оценку динамики МАМ и гликолитической выносливости у футболистов отмечены более значимые приросты значений соответствующих индикаторов к завершению специально-подготовительного периода. Однако такой прогресс показателей анаэробной работоспособности сопровождался негативной динамикой в индикаторах ВСР, что можно интерпретировать как выраженную парасимпатическую «депрессию» и чрезмерную симпато-адреналовую активацию с включением центральных, гипоталамических центров кардиоваскулярной регуляции, что является признаком перенапряжения при выполнении соответственно 15- и 45-секундных тестов [11, 14, 15].

Возможные причины наиболее интенсивного прироста функциональных показателей при тестовых нагрузках длительностью 15 и 45 секунд могут быть связаны

с различиями энергопотребления организма при их выполнении. Сложность выполнения нагрузки в данных временных интервалах объясняется неизбежным смещением энергетического «центра» от фосфагенно-креатинфосфатного к гликолитическому механизму. От эффективности этого перехода, очевидно, зависит результативность выполнения упражнений и, как следствие, гомеостатическая устойчивость функций в восстановительный период [10, 18]. Наиболее сложным в отношении напряжения автономной регуляции по результатам тестирования оказался 45-секундный анаэробный тест, в течение которого происходит переключение метаболизма на гликолиз. Выполнение этого теста в конце подготовительного периода сопровождалось чрезмерным напряжением автономной регуляции кардиореспираторных функций.

Полученные результаты доказывают обоснованность модификаций тренировочных режимов футболистов на подготовительном этапе, направленных на оптимизацию нагрузок алактатной и гликолитической направленности и улучшение результатов спортивных тестирований с сохранением адекватного функционального состояния [19, 22, 25].

5. Заключение

Тренировочный режим молодых футболистов, характерный для подготовительного этапа тренировочно-соревновательного цикла, оказался достаточно эффективным, что отразилось в значимом росте результатов

специальной работоспособности в трех анаэробных режимах — скоростно-силовом, максимальной алактатной мощности и гликолитическом. Однако при выполнении тестов оценки алактатной и гликолитической мощности в конце подготовительного периода выявлены признаки чрезмерного напряжения автономной регуляции

Вклад авторов:

Терехов Павел Александрович — написание текста статьи, научное редактирование, утверждение финальной версии статьи.

Брук Татьяна Михайловна — организация исследования.

Киндюхин Егор Александрович — анализ литературных источников, сбор и статистическая обработка данных.

Глазачев Олег Станиславович — концепция статьи, редактирование рукописи, экспертная оценка.

кардиореспираторных функций, что отражает начальные признаки перенапряжения после продолжительного цикла интенсивных тренировок и обуславливает необходимость коррекции структуры тренировок в сторону снижения нагрузок максимальной алактатной и гликолитической направленности.

Authors' contributions:

Pavel A. Terekhov — writing the text of the article, scientific editing, approval of the final version of the article.

Tatiana M. Brooke — organization of the study.

Egor A. Kindyukhin — analysis of literary sources, collection and statistical processing of data.

Oleg S. Glazachev — article concept, manuscript editing, expert review.

Список литературы

1. Фесюн А.Д., Датий А.В., Яковлев М.Ю., Черняховский О.Б. Оценка функционального состояния сердечно-сосудистой системы лиц, занимающихся физической культурой и спортом. Спортивная медицина: наука и практика. 2019;(9)2:68–72. <https://doi.org/10.17238/issn2223-2524.2019.2.68>
2. Чайников П.Н., Черкасова В.Г., Муравьев С.В., Кулеш А.М. Вариабельность ритма сердца спортсменов игровых видов спорта, получающих высшее образование, в начале тренировочного сезона. Спортивная медицина: наука и практика. 2020;(10)2:81–90. <https://doi.org/10.17238/ISSN2223-2524.2020.2.81>
3. Shaffer F, Ginsberg J.P. An overview of heart rate variability metrics and norms. Front. Public Health 2017;5:258. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2017.00258>
4. Botek M., Krejci J., McKune A. Sex differences in autonomic cardiac control and oxygen saturation response to short-term normobaric hypoxia and following recovery: effect of aerobic fitness. Front. Endocrinol. 2018;9:697. <https://doi.org/10.3389/fendo.2018.00697>
5. Rave G., Fortrat J.-O., Dawson B., Carre F., Dupont G., Saeidi A., Boullousa D., Zouhal H. Heart rate recovery and heart rate variability: use and relevance in European professional soccer. Int. J. Perform. Anal. Sport. 2018;18(1):168–183. <https://doi.org/10.1080/24748668.2018.1460053>
6. Schmitt L., Regnard J., Coulmy N., Millet G.P. Influence of training load and altitude on HRV fatigue patterns in elite nordic skiers. Int. J. Sports Med. 2018;39(10):773–781. <https://doi.org/10.1055/a-0577-4429>
7. McNarry M.A., Michael J. Lewis. Heart rate variability reproducibility during exercise. Physiol. Meas. 2012;33(7):1123–1133. <https://doi.org/10.1088/0967-3334/33/7/1123>
8. Bourdillon N., Schmitt L., Yazdani S., Vesin J.-M., Millet G.P. Minimal window duration for accurate HRV recording in athletes. Front. Neurosci. 2017;11:456. <https://doi.org/10.3389/fnins.2017.00456>
9. Чиков А.Е., Медведев Д.С. Механизмы энергообеспечения мышечной деятельности при выполнении стандартизированных нагрузок спортсменов. Спортивная медицина: наука и практика. 2017;(7)2:19–24. <https://doi.org/10.17238/ISSN2223-2524.2017.2.19>
10. Хайтин В.Ю., Матвеев С.В., Гришин М.Ю. Уровень креатинфосфокиназы крови как критерий восстановления у профессиональных футболистов в соревновательном перио-

Reference

1. Fesyun A.D., Dativ A.V., Yakovlev M.Yu., Chernyakhovsky O.B. Assessment of the functional state of the cardiovascular system of individuals involved in physical education and sports. Sports Medicine: Research and Practice. 2019;(9)2:68–72. (In Russ.). <https://doi.org/10.17238/ISSN2223-2524.2019.2.68>
2. Chainikov P.N., Cherkasova V.G., Muraviev S.V., Kulesh A.M. Heart rate variability in college-educated team sports athletes at the beginning of the training season. Sports Medicine: Research and Practice. 2020;10(2):81–90. (In Russ.). <https://doi.org/10.17238/ISSN2223-2524.2020.2.81>
3. Shaffer F., Ginsberg J.P. An overview of heart rate variability metrics and norms. Front. Public Health 2017;5:258. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2017.00258>
4. Botek M., Krejci J., McKune A. Sex differences in autonomic cardiac control and oxygen saturation response to short-term normobaric hypoxia and following recovery: effect of aerobic fitness. Front. Endocrinol. 2018;9:697. <https://doi.org/10.3389/fendo.2018.00697>
5. Rave G., Fortrat J.-O., Dawson B., Carre F., Dupont G., Saeidi A., Boullousa D., Zouhal H. Heart rate recovery and heart rate variability: use and relevance in European professional soccer. Int. J. Perform. Anal. Sport. 2018;18(1):168–183. <https://doi.org/10.1080/24748668.2018.1460053>
6. Schmitt L., Regnard J., Coulmy N., Millet G.P. Influence of training load and altitude on HRV fatigue patterns in elite nordic skiers. Int. J. Sports Med. 2018;39(10):773–781. <https://doi.org/10.1055/a-0577-4429>
7. McNarry M.A., Michael J. Lewis. Heart rate variability reproducibility during exercise. Physiol. Meas. 2012;33(7):1123–1133. <https://doi.org/10.1088/0967-3334/33/7/1123>
8. Bourdillon N., Schmitt L., Yazdani S., Vesin J.-M., Millet G.P. Minimal window duration for accurate HRV recording in athletes. Front. Neurosci. 2017;11:456. <https://doi.org/10.3389/fnins.2017.00456>
9. Chikov A.E., Medvedev D.S. Energy supply of athletes' muscles at the performance of standardized loads. Sports Medicine: Research and Practice. 2017;(7)2:19–24. (In Russ.). <https://doi.org/10.17238/ISSN2223-2524.2017.2.19>
10. Khaitin V.Yu., Matveev S.V., Grishin M.Yu. The level of serum creatine phosphokinase as a criterion of recovery in professional soccer players during the competitive period. Sports Medi-

де. Спортивная медицина: наука и практика. 2018;(8)4:22–27. <https://doi.org/10.17238/ISSN2223-2524.2018.4.22>

11. Zupan M.F., Arata A.W., Dawson L.H., Wile A.L., Payn T.L., Hannon M.E. Wingate anaerobic test peak power and anaerobic capacity classifications for men and women intercollegiate athletes. *J. Strength Cond. Res.* 2009;23(9):2598–2604. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181b1b21b>

12. Hirsch A., Bieleke M., Bertschinger R., Schüler J., Wolff W. Struggles and strategies in anaerobic and aerobic cycling tests: A mixed-method approach with a focus on tailored self-regulation strategies. *PLoS One.* 2021;16(10):e0259088. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0259088>

13. Foster C., Rodriguez-Marroyo J.A., de Koning J.J. Monitoring training loads: the past, the present, and the future. *Int. J. Sports Physiol. Perform.* 2017;12(Suppl 2):S22–S28. <https://doi.org/10.1123/ijspp.2016-0388>

14. Löllgen H., Leyk D. Exercise testing in sports medicine. *Dtsch. Arztebl. Int.* 2018; 115(24):409–416. <https://doi.org/10.3238/arztebl.2018.0409>

15. Bergstrom H.C., Housh T.J., Zuniga J.M., Camic C.L., Traylor D.A., Schmidt R.J., Johnson G.O. A new single work bout test to estimate critical power and anaerobic work capacity. *J. Strength Cond. Res.* 2012;26(3):656–663. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31822b7304>

16. Шамардин А.И. Оптимизация функциональной подготовленности футболистов. Москва: Мир и Образование; 2010.

17. Юрьев Е.М. Оценка физической и функциональной подготовленности футболистов массовых спортивных разрядов. Вестник Новосибирского государственного университета. 2017;4(2):230–232.

18. Chan H.C., Fong D.T., Lee J.W., Yau Q.K., Yung P.S., Chan K.M. Power and endurance in Hong Kong professional football players. *Asia Pac. J. Sports Med. Arthrosc. Rehabil. Technol.* 2016;5:1–5. <https://doi.org/10.1016/j.asmart.2016.05.001>

19. Nobari H., Gorouhi A., Mallo J., Lozano D., Prieto-González P., Mainer-Pardos E. Variations in cumulative workload and anaerobic power in adolescent elite male football players: associations with biological maturation. *BMC Sports Sci. Med. Rehabil.* 2023;15(1):11. <https://doi.org/10.1186/s13102-023-00623-5>

20. Гаврилова Е.А., Ларинцева О.С. Факторы риска внезапной сердечной смерти спортсменов на разных этапах спортивной подготовки по данным кардиологического обследования. Спортивная медицина: наука и практика. 2018;8(2):33–36. <https://doi.org/10.17238/ISSN2223-2524.2018.2.33>

21. Макаров Л.М., Комолятова В.Н., Аксенова Н.В. Анализ причин отводов от занятий спортом юных элитных спортсменов. Российский вестник перинатологии и педиатрии. 2020;65(6):65–71. <https://doi.org/10.21508/1027-4065-2020-65-6-65-71>

22. Безуглов Э.Н., Красножан Ю.А., Стукалов Е.А., Российский С.А., Ярдосвили А.Э., Усманова Э.М. Мониторинг функционального состояния футболистов высокой квалификации в течении соревновательного сезона. Вестник спортивной науки. 2011;(3):25–30.

23. Иорданская Ф.А., Абрамова Т.Ф., Цепкова Н.К., Бучина Е.В., Малкин Р.В. Мониторинг функциональной подготовленности высококвалифицированных спортсменов и совершенствование программного обеспечения в процессе тренировочных мероприятий. Вестник спортивной науки. 2018;(5):37–44.

cine: Research and Practice. 2018;(8)4:22–27. (In Russ.). <https://doi.org/10.17238/ISSN2223-2524.2018.4.22>

11. Zupan M.F., Arata A.W., Dawson L.H., Wile A.L., Payn T.L., Hannon M.E. Wingate anaerobic test peak power and anaerobic capacity classifications for men and women intercollegiate athletes. *J. Strength Cond. Res.* 2009;23(9):2598–2604. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181b1b21b>

12. Hirsch A., Bieleke M., Bertschinger R., Schüler J., Wolff W. Struggles and strategies in anaerobic and aerobic cycling tests: A mixed-method approach with a focus on tailored self-regulation strategies. *PLoS One.* 2021;16(10):e0259088. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0259088>

13. Foster C., Rodriguez-Marroyo J.A., de Koning J.J. Monitoring training loads: the past, the present, and the future. *Int. J. Sports Physiol. Perform.* 2017;12(Suppl 2):S22–S28. <https://doi.org/10.1123/ijspp.2016-0388>

14. Löllgen H., Leyk D. Exercise testing in sports medicine. *Dtsch. Arztebl. Int.* 2018; 115(24):409–416. <https://doi.org/10.3238/arztebl.2018.0409>

15. Bergstrom H.C., Housh T.J., Zuniga J.M., Camic C.L., Traylor D.A., Schmidt R.J., Johnson G.O. A new single work bout test to estimate critical power and anaerobic work capacity. *J. Strength Cond. Res.* 2012;26(3):656–663. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31822b7304>

16. Shamardin A.I. Optimizing the functional readiness of football players. Moscow: Mir i Obrazovanie Publ.; 2010. (In Russ.).

17. Jur'ev E.M. Assessment of physical and functional readiness of football players in mass sports. *Vestnik Novosibirskogo gosudarstvennogo universiteta = Vestnik Novosibirsk State University.* 2017;4(2):230–232. (In Russ.).

18. Chan H.C., Fong D.T., Lee J.W., Yau Q.K., Yung P.S., Chan K.M. Power and endurance in Hong Kong professional football players. *Asia Pac. J. Sports Med. Arthrosc. Rehabil. Technol.* 2016;5:1–5. <https://doi.org/10.1016/j.asmart.2016.05.001>

19. Nobari H., Gorouhi A., Mallo J., Lozano D., Prieto-González P., Mainer-Pardos E. Variations in cumulative workload and anaerobic power in adolescent elite male football players: associations with biological maturation. *BMC Sports Sci. Med. Rehabil.* 2023;15(1):11. <https://doi.org/10.1186/s13102-023-00623-5>

20. Gavrilova E.A., Larintseva O.S. Sudden cardiac death risk factors in athletes at different sports training stages according to cardiac examination. *Sports Medicine: Research and Practice.* 2018;8(2):33–36. (In Russ.). <https://doi.org/10.17238/issn2223-2524.2018.2.33>

21. Makarov L.M., Komolyatova V.N., Aksyonova N.V. Analysis of Reasons to Withdraw the Young Elite Athletes from Sports. *Rossiyskiy Vestnik Perinatologii i Pediatrii = Russian Bulletin of Perinatology and Pediatrics.* 2021;65(6):65–71. (In Russ.). <http://doi.org/10.21508/1027-4065-2020-65-6-65-71>

22. Bezuglov E.N., Krasnozhan Yu.A., Stukalov E.A., Rossiyskiy S.A., Yardoshvili A.E., Usmanova E.M. Professional football player's state monitoring during the competitions. *Sports Science Bulletin.* 2011;(3):25–30. (In Russ.).

23. Iordanskaya F.A., Abramova T.F., Tsepikova N.K., Buchina E.V., Malkin R.V. Monitoring of functional fitness of elite athletes and improvement of the programs in the process of training activity. *Sports Science Bulletin.* 2018;(5):37–44. (In Russ.).

24. Давлетмуратов С.Р. Физическая работоспособность в годичном цикле подготовительного периода подготовки квалифицированных футболистов. Fan-Sportga. 2020; (3):10–13.

25. Селуянов В.Н., Сарсания С.К., Сарсания К.С., Стукалов Б.А. Минимизация нагрузок гликолитической направленности — суть инновационной технологии физической подготовки футболистов. Вестник спортивной науки. 2006;(2):7–13.

24. Davletmuratov S.R. Physical performance in the annual cycle of the preparatory period of training of qualified football players. Fan-Sportga. 2020;(3):10–13. (In Russ.).

25. Seluyanov V.N., Sarsaniya S.K., Sarsaniya K.S., Stukalov B.A. Minimizing glycolytic loads is the essence of innovative technology for physical training of football players. Sports Science Bulletin. 2006;(2):7–13. (In Russ.).

Информация об авторах:

Терехов Павел Александрович*, д.б.н., доцент, ФГБОУ ВО «Смоленский государственный университет спорта» (СГУС), Россия, 214018, Смоленск, проспект Гагарина, 23. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7820-9942>; <https://orcid.org/0000-0003-3579-6048> (+7 (904) 366-29-99, terechov_86@mail.ru)

Брук Татьяна Михайловна, д.б.н., профессор, зав. кафедрой биологических дисциплин, ФГБОУ ВО «Смоленский государственный университет спорта» (СГУС), Россия, 214018, Смоленск, проспект Гагарина, 23. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1023-6642>

Киндюхин Егор Александрович, аспирант ФГБОУ ВО «Смоленский государственный университет спорта» (СГУС), Россия, 214018, Смоленск, проспект Гагарина, 23. ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-1048-4296>

Глазачев Олег Станиславович, д.м.н., профессор, профессор кафедры нормальной физиологии ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова» Минздрава России (Сеченовский Университет), Россия, 125009, Москва, ул. Моховая, 11, стр. 4, офис 31, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9960-6608>

Information about the authors:

Pavel A. Terekhov*, D.Sc. (Biology), Assoc. Prof., Smolensk State University of Sports, 23 Gagarin Avenue, Smolensk, 214018, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7820-9942>; <https://orcid.org/0000-0003-3579-6048> (+7 (904) 3662999, terechov_86@mail.ru)

Tatiana M. Brooke, D.Sc. (Biology), Prof., head of the department of biological disciplines, 23 Gagarin Avenue, Smolensk, 214018, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1023-6642>

Egor A. Kindyukhin, graduate student of the Smolensk State University of Sports (SSUS), 23 Gagarin Avenue, Smolensk, 214018, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-1048-4296>

Oleg S. Glazachev, M.D., D.Sc. (Medicine), Prof., Professor of the department of normal physiology of the I.M. Sechenov First Moscow State Medical University, 11, building 4, office 31 Mokhovaya str., Moscow, 125009, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9960-6608>

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author