УДК 57.03 **DOI: 10.14526/2070-4798-2020-15-1-142-151**

Моделирование адаптационно-приспособительных реакций функционального состояния юных футболистов-профессионалов 15-17 лет на основе интегрального мониторинга

***Голубев Д.В.*[1]*, *Щедрина Ю.А.*[2], *Мельников Д.С.*[2]**
[1]*Академия футбольного клуба «Зенит»*
Санкт-Петербург, Россия
*ORCID: 0000-0003-0570-8211, dengolubev@inbox.ru**
[2]*Национальный государственный университет физической культуры, спорта и здоровья имени П. Ф. Лесгафта*
Санкт-Петербург, Россия
ORCID: 0000-0001-5267-1314, P_j_a@mail.ru
ORCID: 0000-0002-2591-2183, d.s.mel@mail.ru

Аннотация: Приспособление к различным видам нагрузок являет собой сложный, многоуровневый процесс, затрагивающий модуляцию функционального состояния различных систем организма. Чтобы повысить функциональные возможности организма спортсменов к постоянно растущим нагрузкам (стимулам) и снизить индивидуальную дисфункцию разрабатываются микро-, мезо- и макроциклы спортивной подготовки. Мониторирование параметров, отражающих внешние стимулы и реакцию организма на эти воздействия, позволяет определить количественные характеристики двигательной активности с учетом функциональных возможностей организма спортсменов, получить объективную информацию об адаптивных процессах функционирования различных систем под влиянием этой нагрузки. Формирование аналитической платформы об адаптивно-регуляторных изменениях будет способствовать решению обозначенных задач для спортивного долголетия и прогнозирования функциональных сдвигов в срочной и долгосрочной адаптации, что представляется актуальным для практики юношеского профессионального спорта. ***Материалы.*** В статье представлены результаты моделирования адаптационно-приспособительных реакций функционального состояния организма футболистов-профессионалов 15-17 лет в структуре микроцикла подготовительного этапа спортивной подготовки. ***Методы исследования.*** В ходе эксперимента использовали современные технологии: GPS CATAPULT (Австралия), POLAR (Финляндия), ОМЕГА-СПОРТ (Россия). ***Результаты.*** Воспроизведение и визуализация моделей адаптационно-приспособительных реакций, разработанных в ходе исследования, способствует прогнозированию функциональных возможностей организма спортсменов в возрастном векторе адаптации. Волнообразность напряжения в деятельности систем, обеспечивающих двигательную активность, не дублирует в полной мере модуляцию параметров двигательной деятельности, что, вероятно, связано с формированием структурного следа и возрастными особенностями течения адаптационных процессов. ***Заключение.*** Установлено, что воспроизведение моделей является инструментом прогнозирования функциональных возможностей юных футболистов в возрастном векторе адаптации, волнообразность напряжения систем, обеспечивающих мышечную деятельность, не дублируют в полной мере параметры двигательной активности. **Ключевые слова:** футбол, адаптация, функциональное состояние, интегральный мониторинг, моделирование.

Для цитирования: Голубев Д.В., Щедрина Ю.А., Мельников Д.С. Моделирование адаптационно-приспособительных реакций функционального состояния юных футболистов-профессионалов 15-17 лет на основе интегрального мониторинга. Педагогико-психологические и медико-биологические проблемы физической культуры и спорта. 2020; 15(1): 142-151. DOI: 10.14526/2070-4798-2020-15-1-142-151

Modeling adaptive reactions of young 15-17 year-old football players-professionals functional state on the basis of integral monitoring

Denis V. Golubev[1]*, Yuliya A. Shedrina, Dmitriy S. Melnikov[2]
[1]Academy of football club "Zenit"
St. Petersburg, Russia
*ORCID: 0000-0003-0570-8211, dengolubev@inbox.ru**
[2]P.F. Lesgaft National State University of Physical culture, sport and health
St. Petersburg, Russia
ORCID: 0000-0001-5267-1314, P_j_a@mail.ru
ORCID: 0000-0002-2591-2183, d.s.mel@mail.ru

Abstract: Adaptation to different kinds of loads is a difficult, multilevel process. It influences modulation of an organism different systems functional state. In order to increase functional abilities of athletes' organism concerning constantly increasing loads (stimuli) and decrease individual dysfunction we create micro-, meso- and macro cycles of sports training. The parameters monitoring, which reflect external stimuli and reaction of an organism to these effects, helps to define quantitative characteristics of motor activity taking into account functional abilities of athletes' organism, get objective information about adaptive processes of different systems functioning under the influence of this load. Analytical platform formation about adaptive-regulating changes would provide the mentioned problems solution for sports longevity and functional shifts prediction in urgent and long-term adaptation. It is important for youth professional sport. ***Materials.*** The article presents the results of modeling adaptive reactions of the 15-17 year-old football players' organism functional state in the structure of a micro cycle of the sports training preparatory stage. ***Research methods.*** During the experiment we used modern technologies: GPS CATAPULT (Australia), POLAR (Finland), OMEGA-SPORT (Russia). ***Results.*** The models of adaptive reactions (created during the research) reproduction and visualization provides functional abilities prediction in age-related vector of adaptation. Waviness of tension in the activity of systems, which provide motor activity, doesn't duplicate fully motor activity parameters modulation. It can be connected with structural trace and age-related peculiarities of adaptive processes formation. ***Conclusion.*** It was stated that the models reproduction is the instrument of functional abilities prediction among young football players at the age vector of adaptation, waviness of the system tension, which provide muscle activity, doesn't duplicate fully the parameters of motor activity.
Keywords: football, adaptation, functional state, integral monitoring, modeling.

For citation: Denis V. Golubev, Yuliya A. Shchedrina, Dmitriy S. Melnikov. Modeling adaptive reactions of young 15-17 year-old football players- professionals functional state on the basis of integral monitoring. Russian Journal of Physical Education and sport. 2020; 15(1): 141-151. DOI: 10.14526/2070-4798-2020-15-1-142-151

ВВЕДЕНИЕ

Приспособление к различным видам нагрузок являет собой сложный, многоуровневый процесс, затрагивающий модуляцию функционального состояния различных систем организма. Чтобы повысить функциональные возможности организма спортсменов к постоянно растущим нагрузкам (стимулам) и снизить индивидуальную дисфункцию разрабатываются микро-, мезо- и макроциклы спортивной подготовки [9]. Мониторирование параметров, отражающих внешние стимулы и реакцию организма на эти воздействия, позволяет определить количественные характеристики двигательной активности с учетом функциональных возможностей организма спортсменов [13], получить объективную информацию об адаптивных процессах функционирования различных систем под влиянием этой нагрузки, а также в свете возрастной динамики [12]. Формирование аналитической платформы об адаптивно-регуляторных изменениях будет способствовать решению обозначенных задач для спортивного долголетия и прогнозирования функциональных сдвигов в срочной и долгосрочной адаптации, что представляется актуальным для практики юношеского профессионального спорта.

Цель исследования – моделирование адаптационно-приспособительных реакций функционального состояния организма юных футболистов-профессионалов 15-17 лет в структуре микроцикла подготовительного этапа спортивной подготовки посредством интегрального мониторинга.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследовали спортсменов-футболистов (n=20, 16,2±0,3 лет, 173,3±5,6 см, 68,9±4,9). Спектр показателей регистрировался ежедневно на протяжении четырех недель подготовительного периода подготовки. Активность игроков на футбольном поле отслеживалась во время каждого матча и тренировки с использованием портативного устройства GPS с частотой 10 Гц (Catapult, Австралия). Каждое устройство было помещено в мини-карман, расположенный между лопатками специального жилета. Чтобы избежать межблочной ошибки, игрок использовал то же самое устройство в течение всего подготовительного периода. По завершении тренировочных сессий и игр GPS-данные были извлечены с использованием всеобъемлющей аналитической платформы OpenField. В качестве регистрируемых показателей использовали: Total Duration (общая продолжительность), Total Distance (общая дистанция), Total Player Load (общая игровая нагрузка), TotalJump (общее количество прыжков), Speed zone 4,5-5 m/s (количество метров в скоростной зоне 4,5-5 м/с), Speed zone 5-7 m/s (количество метров в скоростной зоне 5-7 м/с), Speed zone >7 m/s (количество метров в скоростной зоне >7 м/с). Анализ инерционного движения (IMA) – это данные, получаемые из встроенных в устройстве акселерометров, гироскопов и магнитометров для измерения пространственной ориентации спортсмена [8]. Фиксировали следующие показатели: IMA accel high (высокоинтенсивные ускорения); IMA decal high (высокоинтенсивные торможения), IMA Cod left high (высокоинтенсивная смена направления в левую сторону); IMA Cod right high (высокоинтенсивная смена направления в правую сторону). Мониторинг вегетативной регуляции осуществляли с 9:00 до 10:00 в помещении, где температура окружающей среды колебалась от 22 до 24°С. Во время измерения каждый игрок был защищен от акустических и визуальных помех. Чтобы определить переменные вариабельности сердечного ритма (HRV) в состоянии покоя, использовали сигнал ЭКГ II отведения спортивной технологии ОМЕГА-СПОРТ (ДИНАМИКА, Санкт-Петербург) из положения сидя. Запись биоэлектрической активности сердца регистрировалась в течение 5-7 минут, все преждевременные сокращения желудочков, отсутствующие удары и любые артефакты были отфильтрованы вручную. Набор из 300 последовательных интервалов RR без артефактов был получен из каждой фазы. Для оценки вегетативной сердечной активности использовали статистические, спектральные и интегральные показатели. В общей сложности было проанализировано 9 показателей вариабельности сердечного ритма: ФС% (функциональное состояние), ИН (индекс напряжения), ВР (вариационный размах), АМо (амплитуда моды), SDNN (среднее квадратичное отклонение), RMSSD (квадратный корень из среднего квадрата разностей величин последовательных пар интервалов NN), pNN50 (синусовые интервалы R-R, различающие более чем 50 мс), LF (низкочастотные волны спектра), HF (высокочастотные волны спектра). Функционирование системы кровообращения в процессе тренировочной сессии изучали с помощью спортивной технологии компании Polar, Финляндия. Фиксировали: HR max (максимальная ЧСС – частота сердечных сокращений), HR mean (средняя ЧСС), HR min (минимальная ЧСС); TRIMP (расчетный показатель усталости). Результаты статистического анализа представлены как среднее арифметическое и среднее квадратичное отклонение (M±σ). По критерию Стьюдента выборка исследована на принадлежность к закону нормального распределения. Анализ проводился при помощи статистического пакета Microsoft Excel 2017.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Оценка специфичной мышечной нагрузки в футболе соотносится с пройденным расстоянием и временем [13]. Основой для моделирования адаптационных процессов

функциональных профилей основных систем организма явились достоверные средние значения перемещений за период исследования (таблица 1). Установлено, что среда является днем наибольшей двигательной деятельности на футбольном поле. Данные продолжительности тренировочных сессий (Total Duration) и общего расстояния (Total Distance) показывают волнообразную динамику относительно исходных измерений (рисунок 1). Значения общей игровой нагрузки (Total Player Load) выявили наибольший объем специфической мышечной работы во вторник и среду. Параметр Total Player Load является основным в системе глобального позиционирования CATAPULT, выражаемым в условных единицах и определяемым как «мгновенная скорость измерения ускорения, деленная на коэффициент масштабирования» [8]. Мониторинг прыжковой нагрузки (Total Jump) показал достоверные средние значения в среду и субботу (таблица 1).

Таблица 1 – Общие показатели продолжительности, дистанции, игровой нагрузки, количества прыжков в структуре микроцикла подготовительного этапа подготовки.

День недели/ Показатели	Total Duration (мин)	Total Distance (м)	Total PL (усл. ед)	Total Jump (кол-во)
Понедельник	1102,2±302,7*	78230,6±22544,4*	7993,6±2730,4*	125±48,2
Вторник	1093,6±161,2	80759,6±9196,3*	8151±807,1*	108±60,9
Среда	1165,4±35,7*	84545±7899,9*	8122±834,6*	136,3±7,6*
Четверг	997,1±358,6*	55365,2±48218,8	6724±2386,2	87, ±5,1
Пятница	913,3±62,7*	63287,6±7455,7*	5996,3±879,1*	114,6±38,7
Суббота	861,5±123,9*	77348,5±12849,3*	7078,6±286,3	178,2±34,1*

* - различия достоверны по сравнению с исходными данными в подготовительном периоде, $p \leq 0,05$

Рис. 1. Динамика средних значений общих физических показателей Total Duration, Total Distance, Total Player Load, Total Jump в структуре микроцикла подготовительного этапа спортивной подготовки

Индивидуальная реакция миокарда на нагрузку отражает уровень адаптации к ней системы кровообращения в процессе мышечной нагрузки [4]. Выявлены относительно низкие среднегрупповые значения минимальной (HR min) и средней частоты сердечных сокращений (HR mean) (таблица 2). Это обусловлено преобладанием повышенного тонуса парасимпатического звена автономной нервной системы над симпатическим в результате систематичности тренировочных нагрузок (рисунок 4) [5]. Пиковые достоверные значения минимальной (HR min) и средней (HR mean) ЧСС приходятся на пятницу и игровой день субботу. Исследование показало достоверные средние значения максимальной ЧСС (HR max) в понедельник, вторник и субботу (таблица 2). Стоит отметить, что высокие значения

приходятся на начало и конец недельного микроцикла. Мы соотносим это с несколькими факторами: возрастом испытуемых и специфической реакцией организма на предыдущую нагрузку. Индивидуальный показатель утомления (TRIMP) является количественной мерой оценивания тренировочной и соревновательной нагрузки. TRIMP учитывает интенсивность упражнений, рассчитанную методом резервирования ЧСС, продолжительность упражнений и весовой коэффициент [10]. На рисунке 2 представлена достоверная динамика средних значений показателя TRIMP юных футболистов-профессионалов во время подготовительного периода в структуре микроцикла, которая свидетельствует о различных реакциях сердца и организма спортсменов в целом на тренировочную нагрузку. Исследование показывает, что утомление развивается волнообразно, пиковые значения приходится на среду и субботу.

Таблица 2 – Показатели ЧСС (HR min, HR mean, HR max) и объективного расчетного показателя усталости (TRIMP) в структуре микроцикла подготовительного этапа подготовки

День недели/ Показатели	HR min (уд/мин)	HR mean (уд/мин)	HR max (уд/ мин)	TRIMP (усл.ед)
Понедельник	79,6±1,5	138,6±10,6*	210,3±14,1*	1888±508,8*
Вторник	78,2±8,5	138,7±7,3	202,2±17,7*	1985±775,5*
Среда	82,7±8,3	131±10,5	190,3±15,4	2282±844,1*
Четверг	86,1±4,2	132,6±5,5	188,3±23,7	1670,6±673,8
Пятница	100,3±3,2*	137,5±14,1*	185,4±13,4	1771,1±100,6*
Суббота	94,1±6,2*	140,1±7,8*	199,6±12,7*	2038,7±104,8*

* - различия достоверны по сравнению с исходными данными в подготовительном периоде, p≤0,05

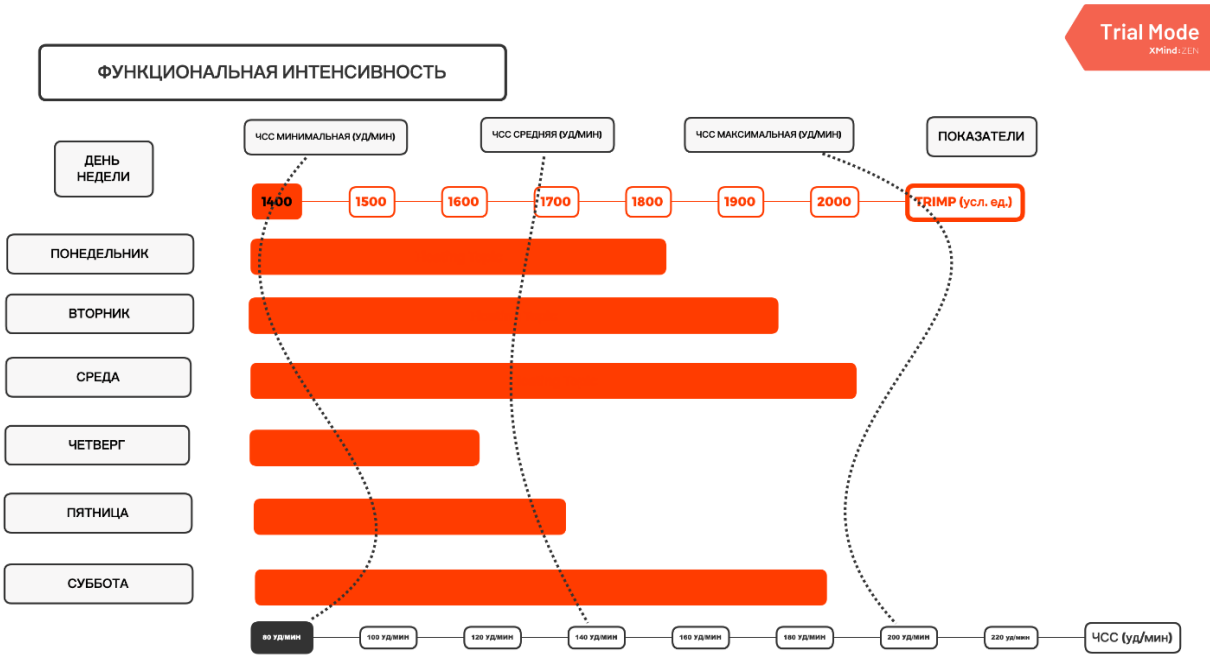

Рис. 2. Динамика средних значений функциональных показателей TRIMP, HR min, HR mean, HR max в недельном микроцикле подготовительного этапа спортивной подготовки

Высокая интенсивность специфической мышечной работы – это важный компонент результативности в футболе [7]. В группе испытуемых 15-17 лет отмечен средний метраж в скоростной зоне высокой интенсивности (speed >7 m/s) и достоверное повышение во вторник и четверг. Это связанно прежде всего с запланированной физической нагрузкой скоростно-силовой направленности, а также с морфологическими и биохимическими перестройками организма в процессе периода подготовки данной возрастной группы [12]. Средние значения метража, пройденного в зонах низкой (speed 4,5-5,5 m/s) и умеренной (5,5-7 m/s) интенсивности, повышались во вторник и среду и снижались достоверно в пятницу (таблица 3). Мы согласны с Alemdaroglu, который объясняет данный фактор различным гомеостатическим состоянием и вариативностью работы энергетических систем.

Данные инерционного датчика способны показывать локомоторные движения на небольших расстояниях с высокой скоростью, что является ценным инструментом контроля мышечной нагрузки на суставы нижних конечностей в командных видах спорта [8]. В таблице 3 указаны среднегрупповые значения показателей микродвижений за период исследования, которые выявили смещение двигательной нагрузки вперед (IMA accel) и влево (IMA Cod left high). Вероятно, что избыток неизменчивой нагрузки может привести к мышечному дисбалансу и асимметрии опорно-двигательного аппарата, а также к снижению сгибательной и разгибательной функции коленного сустава [11].

Таблица 3 – Показатели количества метров, пройденных в скоростных зонах, и количества микродвижений в структуре микроцикла подготовительного этапа спортивной подготовки

День недели\ Показатели	Понедельник	Вторник	Среда	Четверг	Пятница	Суббота
Скоростные зоны						
Speed 4,5-5,5 m/s (м)	6223,6±1575,1	6531,6±1154,2*	7630,3±1197,1*	6727,3±3153,1	5275,3±1626,5*	7499,4±1730,3
Speed 5,5-7 m/s (м)	1086,3±105,6	1612,6±492,3*	1618±255,3*	1557,3±773,9	1105±564,3*	1275,1±323,9
Speed >7 m/s (м)	87,3±79,6	301,3±145,7*	103,3±70,5*	189±109,5	98,1±21,1	162±59,4
Анализ микродвижений						
IMA accel (кол-во)	50±7,9*	51±19,1*	84±33,7*	68±34,6*	46,3±20,4	59,2±16,5*
IMA decal (кол-во)	47,2±18,5*	48±14,7	68,3±37,1*	53,6±37,1	50±33,1	47,2±14,5
IMA Cod Left high (кол-во)	69,3±25,5*	62,6±16,9*	94±22,7*	75,3±55,7	69,6±27,7*	66,5±11,1*
IMA Cod Right high (кол-во)	51,6±18,1	38,3±14,1	81,2±35,1	80,6±44,4	56,1±31,8*	51,2±14,6

* - различия достоверны по сравнению с исходными данными в подготовительном периоде, $p \leq 0,05$

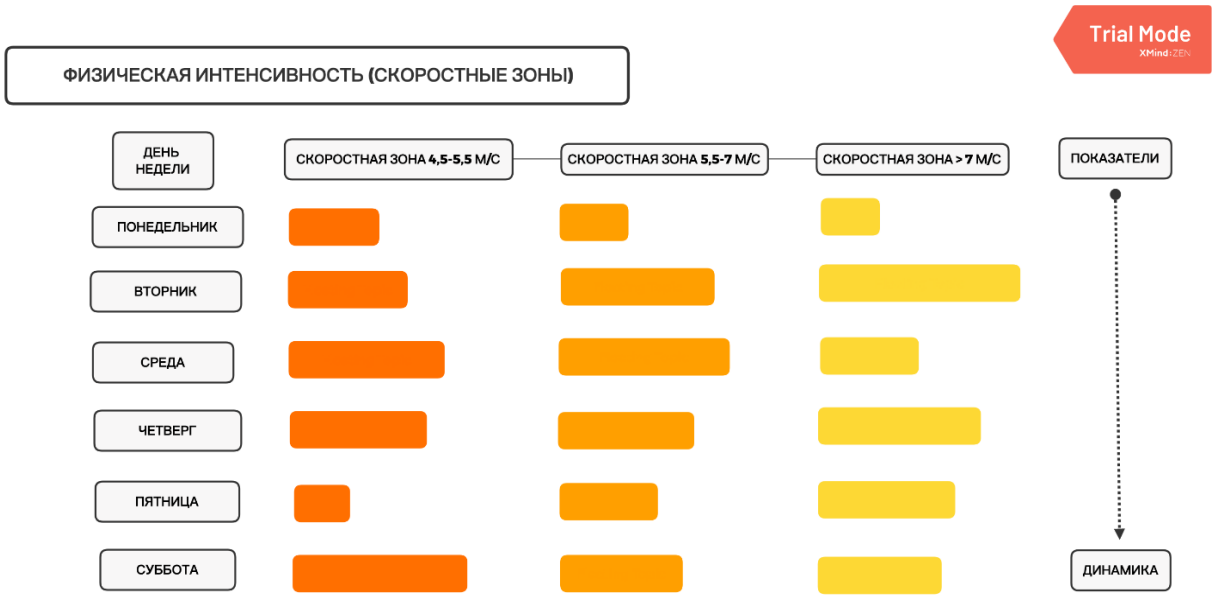

Рис. 3. Динамика средних значений физических показателей Speed 4,5-5,5 m/s, Speed 5,5-7 m/s, Speed >7 m/s в недельном микроцикле подготовительного этапа спортивной подготовки

Для оценки функционального состояния системы кровообращения имеют большое значение данные, характеризующие восстановительные процессы. Информативным методом в спортивной физиологии является математический анализ сердечного ритма [3]. Синоатриальный узел сердца изучается не только в аспекте автоматии сокращений, но и в качестве предиктора активности более высоких уровней управления [5]. Из рисунка 4 видно, что интегральный показатель регуляции сердечного ритма (ФС %) в подготовительном периоде достоверно снижался с понедельника по четверг, что, возможно, указывает на достижение функционального оптимума и приспособление организма к стрессовым воздействиям [4]. В преддверии контрольных субботних игр данный параметр достоверно начинает нарастать. Мы придерживаемся точки зрения Шлык Н. И. и связываем данный случай с психоэмоциональным напряжением перед соревновательной игровой нагрузкой, что достоверно и наглядно подтверждает повышение низкочастотного компонента спектра LF (таблица 4) [5]. Как видно из таблицы 4, величины индекса напряжения достоверно указывают на смещение вегетативного равновесия у юных футболистов в сторону преобладания парасимпатического звена автономной нервной системы, обеспечивая приемлемую доставку кислорода в покое и в процессе восстановления после тренировочных нагрузок. Величины АМо% более 30% указывают на экономичную работу системы кровообращения за счет резервных возможностей организма, а также имеющийся ресурс адаптации [4].

Показатель pNN50 является наиболее надежным к случайным явлениям и имеет высокую корреляцию с различными высокочастотными показателями временного и спектрального анализа, не имеет искажения при редком дыхании и других артефактах [2]. Преобладание активности звена парасимпатической регуляции можно трактовать по статистически достоверному отдалению от 0 данного параметра. При этом у юных спортсменов отмечалось надежное повышение основных временных показателей, отражающих вагусные (RMSSD) и гуморально-метаболические (SDNN) влияния, указывая на высокую активность автономного контура регуляции [4]. Отличия в динамическом наблюдении имели и отдельные составляющие спектрального анализа. Так, у юных спортсменов, специализирующихся в футболе, в понедельник

и пятницу статистически достоверно снизилась величина высокочастотного компонента спектра (HF), однако в среду и в четверг мы увидели повышение должного показателя. Это демонстрирует высокую лабильность вегетативной нервной системы по автономному контору данной возрастной группы.

Таблица 4 – Показатели активности симпатического и парасимпатического отделов автономной нервной системы юных футболистов-профессионалов в структуре микроцикла подготовительного этапа спортивной подготовки

День недели\ Показатели	Понедельник	Вторник	Среда	Четверг	Пятница	Суббота
Симпатическая активность АНС						
ИН (усл.ед)	110,7±40,4*	66,8±23,7*	99,1±51,5*	40,1±17,8*	43,5±14,1*	93,9±22,3
аМо %	38,1±23,2*	29,2±3,9*	26,7±10,5	24,1±10,4	22,3±6,5	30,8±3,2*
LF (усл.ед)	2173,1±210,1	1459,9±840,7	2083,1±221,5	2930,7±194,6*	2889,6±63,4*	1470,1±64,7
Парасимпатическая активность АНС						
SDNN (усл. ед)	58,6±28,4	57,3±10,9*	71,4±18,8*	77,8±27,3	87,3±16,3*	58,2±8,3
RMSSD (усл. ед)	36,6±21,5*	28,6±7,1	54,9±32,9*	53,9±21,3*	73,1±28,3	39,2±7,8*
ВР (сек)	267,4±18,8	260,2±11,4	320,7±35,7	334,8±28,7	384,7±4,1	282,4±18,7
HF (усл.ед)	606,4±174,6*	1287,5±45,8	1693,4±146,6*	1631,1±252,1*	796,8±190,2*	1602,8±54,5
pNN50 %	26,6±7,3*	32,1±4,2*	28,7±3,8*	36,2±8,7*	33,5±6,2*	29,1±2,7
Интегральный показатель регуляции сердечного ритма						
ФС %	80,3±6,2*	76,5±1,1*	75,9±2,8*	74,3±3,1*	74,9±4,7*	78,3±7,5
		*	*	*	*	

* - различия достоверны по сравнению с исходными данными в подготовительном периоде, $p \leq 0,05$

Показатель pNN50 является наиболее надежным к случайным явлениям и имеет высокую корреляцию с различными высокочастотными показателями временного и спектрального анализа, не имеет искажения при редком дыхании и других артефактах [2]. Преобладание активности звена парасимпатической регуляции можно трактовать по статистически достоверному отдалению от 0 данного параметра. При этом у юных спортсменов отмечалось надежное повышение основных временных показателей, отражающих вагусные (RMSSD) и гуморально-метаболические (SDNN) влияния, указывая на высокую активность автономного контура регуляции [4]. Отличия в динамическом наблюдении имели и отдельные составляющие спектрального анализа. Так, у юных спортсменов, специализирующихся в футболе, в понедельник и пятницу статистически достоверно снизилась величина высокочастотного компонента спектра (HF), однако в среду и в четверг мы увидели повышение должного показателя. Это демонстрирует высокую лабильность вегетативной нервной системы по автономному контору данной возрастной группы.

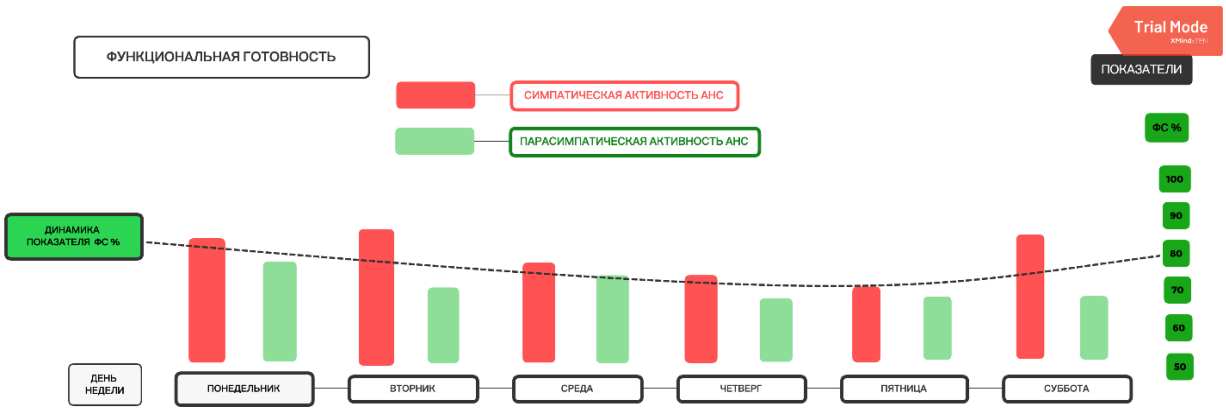

Рис. 4. Динамика средних значений показателей вегетативной регуляции сердечного ритма в недельном микроцикле подготовительного этапа спортивной подготовки

Таким образом, у юных футболистов 15-17 лет отмечается усиление парасимпатического звена автономной нервной системы; наибольший двигательный объем специализированной мышечной нагрузки и избыточное функциональное утомление в среду; смещение вектора высокоинтенсивной локомоторной нагрузки вперед и влево.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Воспроизведение и визуализация моделей адаптационно-приспособительных реакций, разработанных в ходе исследования, способствует прогнозированию функциональных возможностей организма спортсменов в возрастном векторе адаптации.

2. Волнообразность напряжения в деятельности систем, обеспечивающих двигательную активность, не дублирует в полной мере модуляцию параметров двигательной деятельности, что, вероятно, связано с формированием структурного следа и возрастными особенностями течения адаптационных процессов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анохин П.К. *Очерки по физиологии функциональных систем*. М.: Медицина. 1975: 17-59.

2. Бань А.С., Загородный Г.М. Корреляции показателей вариабельности ритма сердца у спортсменов. *Лечебная физкультура и спортивная медицина*. 2012; 6(102): 38-42.

3. Макаров 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; 3: 36-40.

4. Мельников А.А., Викулов А.Д., Мальцев А.Ю., Громова К.С. Состояние центральной гемодинамики и вариабельности сердечного ритма у спортсменов с разной направленностью тренировочного процесса. *Физиология человека*. 2010; 1: 112-118.

5. Ахметов И.А., Ванюшин Ю.С., Елистратов Д.Е. Реакции насосной функции сердца подростков, занимающихся футболом, при функциональных нагрузках. *Педагогико-психологические и медико-биологические проблемы физической культуры и спорта*. 2016; 11(2): 179-184. DOI: 10.14526/01_1111_117.

6. Alemdaroglu V. The relationship between muscle strength, anaerobic performance, agility, sprint ability and vertical jump performance in professional basketball players. *Journal Human Kinetics*. 2012; 31: 149-158.

7. Andzejewski M., Chmura J., Pluta B., Strzelczyk R., Kasparzak A. Analysis of Sprinting Activities of Professional Soccer Players. *Journal of Strength & Conditioning Research*. 2013; 27: 2134-2140.

8. Daniel P. Nicolella, Lorena Torres-Ronda, Kase J. Saylor, Xavi Schelling. Validity and rliability of an accelerometer – based player tracking device. *Journal PLoS ONE*. 2018; 13(2).

9. Issurin V.B. New horizons for the methodology and physiology of training periodization. *Sport Med*. 2010; 40: 189-206.

10. Karl M., Stango, Rhys Thatcher, Ken A. Van Someren. A modified TRIMP to quantity the in-season training load of team sport players. *Journal of sport sciences*. 2007; 6: 629-634.

11. Lenert M., Urban J., Prochazka J.H., Psotta R. Isocinetic strength of knee flexors and

extensors of adolescent soccer players and its changes based on movement speed and age. *Acta Unir Palack*. 2011; 41: 45-53.

12. Malina R.M. Growth, maturation and physical activity maturation and physical activity. *Human Kinetics*, 2004; 3(112).

13. Martin-Garsia Andres, Gomez Diaz Antonio, Bradley Paul S., Morera Francesc, Casamichana David. Quantification of a Professional Football Teams External Load Using a Microcycle Structure. *Journal of Strength & Conditioning Research*. 2018; 32(12): 3511-3518.

Статья поступила в редакцию: 17.01.2020

Голубев Денис Вячеславович *– аспирант, Академия футбольного клуба «Зенит», 195220, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Верности, дом 21, e-mail: dengolubev@inbox.ru*
Щедрина Юлия Александровна *– доктор биологических наук, профессор, Национальный государственный университет физической культуры, спорта и здоровья имени П. Ф. Лесгафта, 195121, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Декабристов, дом 35, e-mail: P_j_a@mail.ru*
Мельников Дмитрий Сергеевич *– кандидат биологических наук, профессор, Национальный государственный университет физической культуры, спорта и здоровья имени П. Ф. Лесгафта, 195121, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Декабристов, дом 35, e-mail: d.s.mel@mail.ru*