

МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ СПОРТА

ИНДИВИДУАЛЬНО-ТИПОЛОГИЧЕСКИЕ И ВОЗРАСТНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ВЕГЕТАТИВНОЙ РЕГУЛЯЦИИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА У ЮНЫХ ФУТБОЛИСТОВ

Т.В. БАЛАБОХИНА, Т.Ф. АБРАМОВА,
ФГБУ ФНЦ ВНИИФК, г. Москва

Аннотация

При помощи анализа вариабельности сердечного ритма исследованы особенности вегетативной реактивности 25 мальчиков (средний возраст: $6,7 \pm 1,1$ года), занимающихся футболом (стаж занятий: $2,1 \pm 0,9$ года). Из них 10 чел. в возрасте 4,6–6,4 года (стаж занятий: $1,6 \pm 0,8$ года) обучались на спортивно-оздоровительном этапе, 15 мальчиков в возрасте 6,6–8,2 года – на этапе начальной подготовки. Выявлены индивидуально-типологические и возрастные особенности вегетативной реактивности юных футболистов 5–8 лет: у 64% обследованных выявлен III тип вегетативной регуляции, характеризующийся умеренным преобладанием автономной регуляции; выраженное преобладание автономной регуляции (IV тип) на фоне брадикардии ($67,5 \pm 1,73$ уд./мин) – у 16% юных футболистов, что может указывать на дисфункцию в состоянии регуляторных механизмов, а также ускоренный, нерациональный путь адаптации сердца и его перенапряжение. С возрастом повышается интенсивность вегетативных влияний на сердечный ритм, растут активность парасимпатического звена вегетативной нервной системы, автономного контура регуляции и адаптивные возможности детского организма. Реакция организма юных футболистов на активный ортостаз характеризовалась существенным снижением парасимпатических влияний вне зависимости от типа вегетативной регуляции. Наибольший рост симпатических влияний при повышении централизации управления сердечным ритмом наблюдался у мальчиков с преобладанием автономного контура регуляции (III и IV тип). Более выраженное вовлечение центральных структур в процесс срочной адаптации отмечалось у футболистов с I и IV типом, а также у более юных спортсменов.

Ключевые слова: юные футболисты, тип вегетативной регуляции, вариабельность сердечного ритма, активный ортостаз.

INDIVIDUAL TYPOLOGICAL AND AGE FEATURES OF AUTONOMIC REGULATION OF HEART RATE IN YOUNG FOOTBALL PLAYERS

T. V. BALABOKHINA, T. F. ABRAMOVA,
VNIIFK, Moscow city

Abstract

Using the analysis of heart rate variability, the features of the autonomic reactivity of 25 boys (mean age: 6.7 ± 1.1 years) involved in football (experience of training: 2.1 ± 0.9 years), including 10 people aged from 4.6 to 6.4 years (experience: 1.6 ± 0.8 years) studied at the sports and recreation stage, 15 boys aged 6.6–8.2 years – at the stage of initial training. Individual-typological and age-specific features of the vegetative reactivity of young football players aged 5–8 years were revealed: in 64% of the surveyed, type III vegetative regulation was identified, characterized by a moderate predominance of autonomous regulation; pronounced predominance of autonomous regulation (type IV) against the background of bradycardia (67.5 ± 1.73 beats/min) in 16% of young football players, which may indicate a dysfunction in the state of regulatory mechanisms, as well as an accelerated, irrational path of adaptation of the heart and its overvoltage. With age, the intensity of vegetative influences on the heart rate increases, the activity of the parasympathetic link of the autonomic nervous system, the autonomous circuit of regulation and the adaptive capabilities of the child's body increase. The reaction of the organism of young football players to active orthostasis is characterized by a decrease in parasympathetic influences, activation of the sympathetic division of the autonomic nervous system, and an increase in the centralization of heart rate control. The severity of these changes depends on the type of autonomic regulation, and the degree of involvement of various levels of regulation of cardiac activity in the process of urgent adaptation to a change in body position in space is determined by the age of those involved.

Keywords: young football players, autonomic regulation type, heart rate variability, active orthostasis.



Введение

Здоровые дети – стратегическая задача развития страны, одним из путей решения которой является раннее вовлечение детей в занятия спортом. Однако интенсификация физических нагрузок уже на этапе начальной подготовки может привести к нарушениям вегетативной регуляции и в первую очередь систем, регулирующих деятельность сердца. Более того, тенденцией детского спорта является ранняя специализация, которая, формируя динамический стереотип двигательных действий, характерный для избранного вида спорта, не всегда способствует адекватному возрастному развитию функциональных возможностей организма занимающихся [1].

В конечном итоге ранняя специализация и форсированная подготовка ведут к чрезмерной активации биологических механизмов адаптации, быстро «изнашивая» их и часто приводя к негативным последствиям. В этой связи необходим контроль функционального состояния и реактивности регуляторных систем, определяющих эффективность работы адаптационных механизмов. В процессе контроля необходим учет индивидуально-типологических особенностей вегетативной регуляции, поскольку они, по мнению ряда исследователей [2, 3], в большей степени определяют уровень функциональных, адаптивных и резервных возможностей организма ребенка, нежели возраст.

Как известно, ритм сокращения сердца является чутким индикатором адаптационно-приспособительных реакций организма, а анализ вариабельности сердечного ритма (ВСР) – одним из методов контроля состояния регуляторных механизмов [4]. Отклонения вегетативной регуляции в первую очередь проявляются при выполнении нагрузочных проб, «маскируясь» балансом звеньев вегетативной нервной системы (ВНС) в состоянии покоя [5]. Это обосновывает необходимость применения активной ортостатической пробы (АОП) при контроле функционального состояния начинающих спортсменов. Различные методологические подходы к интерпретации результатов и отсутствие критериев оценки ортостаза по данным ВСР для начинающих спортсменов затрудняют компаративный анализ экспериментальных данных, диктуют необходимость исследования данных вопросов.

Исходя из вышеизложенного, **целью исследования** было изучение индивидуально-типологических и возрастных особенностей вегетативной регуляции сердечного ритма у юных футболистов 5–8 лет при ортостатическом тестировании.

Материалы и методы исследования

В исследовании приняли участие 25 мальчиков (средний возраст: $6,7 \pm 1,1$ года), занимающихся футболом (стаж занятий: $2,1 \pm 0,9$ года). Из них 10 чел. в возрасте 4,6–6,4 года (стаж занятий: $1,6 \pm 0,8$ года) обучались на спортивно-оздоровительном этапе; 15 мальчиков в возрасте 6,6–8,2 года (стаж занятий: $2,4 \pm 0,9$ года) – на этапе начальной подготовки.

Дети младшей группы имели по три учебно-тренировочных занятия в неделю, по 90 мин каждое; 1–2 раза

в месяц принимали участие в турнирах; основные виды подготовки – техническая и тактическая (75–80%), на общую физическую подготовку отводилось 20–25% времени.

В старшей группе учебно-тренировочные занятия также проводились трижды в неделю по 90 мин, но при абсолютном преимуществе (100%) технической, тактической и интегральной спортивной подготовки, что сопровождалось еженедельным участием в турнирах и контрольных играх.

Следует заметить, что объем тренировочных занятий, выполняемых спортсменами обеих групп, в полной мере соотносился с требованиями Федерального стандарта спортивной подготовки (ФССП) по виду спорта «футбол». В то же время содержание подготовки в старшей группе не соответствовало регламенту спортивной подготовки, рекомендуемому ФССП, который наряду с преимущественным вниманием к технической (45–52%) и интегральной (32–36%) подготовке предполагает 13–17% работы, направленной на развитие общей физической подготовленности.

Несмотря на отсутствие нормативных документов, определяющих содержание спортивной подготовки на спортивно-оздоровительном этапе, структура спортивной подготовки детей младшей группы в большей мере соответствовала требованиям ФССП.

У юных футболистов в утренние часы была проведена АОП с регистрацией ритмокардиограммы с помощью многофункционального диагностического комплекса «Омега диагностика», версия 2.5.9, разработанного ООО «НПФ «Динамика»» (г. Санкт-Петербург, Россия) и оснащенного программным продуктом для анализа ЭКГ. Регистрация ЭКГ-сигнала осуществлялась короткими записями (300 кардиоинтервалов в соответствии с программным обеспечением) во II стандартном отведении. Обследуемому после записи ритмограммы, которая выполнялась в положении «лежа» (фон), предлагалось встать (не быстро, но без задержек). Спустя 1–1,5 мин после вертикализации (для исключения состояния нестационарности регистрируемого процесса) проводили вторую запись ритмограммы.

Для анализа ВСР использовали следующие параметры:

- амплитуду моды (АМо, мс);
- вариационный размах (ВР, мс);
- индекс напряжения (ИН, усл. ед.);
- стандартное отклонение величин нормальных кардиоинтервалов (*SDNN*, мс);
- квадратный корень из суммы квадратов разности величин последовательных пар кардиоинтервалов (*RMSSD*, мс);
- суммарную мощность спектра (*TP*, мс²/Гц);
- абсолютную и относительную мощность спектра высокочастотного компонента (*HF*, мс²/Гц; *HF* %);
- мощность в диапазоне высоких частот, выраженную в нормализованных единицах (*HFnu*);
- абсолютную и относительную мощность спектра низкочастотного компонента (*LF*, мс²/Гц; *LF* %);



– мощность в диапазоне низких частот, выраженную в нормализованных единицах ($LFnu$);
 – абсолютную и относительную мощность спектра очень низкочастотного компонента (VLF , $mc^2/Гц$; $VLF\%$);
 – индекс вагосимпатического взаимодействия (LF/HF).

Типы вегетативной регуляции определяли по методике Н.И. Шлык [3] с учетом значений показателей ИН, VLF и TP , являющихся критериями для экспресс-оценки состояния ВСР.

Статистическую обработку проводили с помощью программного пакета Statistica 8.0. Поскольку данные не имели нормального распределения для проведения статистической обработки, были использованы непараметрические методы: критерий Манна-Уитни и Вилкоксона. Оценку взаимосвязей показателей проводили с помощью корреляционного анализа с расчетом коэффициента корреляции Спирмена. В таблице значения количественных признаков представлены в виде медианы (Me) с указанием нижнего (25%) и верхнего (75%) квартилей.

Результаты исследования и их обсуждение

В публикациях последних лет, посвященных изучению variability сердечного ритма, вектор изучения механизмов регуляции сердечного ритма смещается в сторону учета генетически обусловленного деления индивидуумов на симпатотоников, ваготоников и нормотоников. Подавляющее большинство исследователей в области variability сердечного ритма опираются на выделенные профессором Н.И. Шлык [3] четыре типа вегетативной регуляции сердечного ритма. В нашем исследовании (при оценке функционального состояния в покое) среди начинающих футболистов были выявлены три типа из четырех: дети с умеренным преобладанием центрального механизма регуляции (I тип), умеренным преобладанием автономного механизма регуляции (III тип) и выраженным преобладанием автономного механизма регуляции (IV тип).

Отсутствие различий в показателях фоновой записи ВСР между возрастными группами позволило нам объединить их в единую группу (табл. 1).

Таблица 1

Показатели ВСР у юных футболистов 5–8 лет с различными типами вегетативной регуляции в покое и при ортостатическом тестировании

Показатель ВСР	Положение	Тип вегетативной регуляции			<i>p</i>		
		I тип (<i>n</i> = 5)	III тип (<i>n</i> = 16)	IV тип (<i>n</i> = 4)	I, III	I, IV	III, IV
AMo (%)	Фон	38,8 (36,5; 40,2)	25,9 (22,8; 28,6)	14,8 (11,9; 16,33)	0,00	0,02	0,00
	АОП	40,5 (34,8; 57,4)	32,6 (29,1; 41,5)*	21,5 (18,1; 25,9)	0,10	0,05	0,02
BP (мс)	Фон	180,0 (162,0; 228,0)	316,0 (262,0; 338,5)	444,5 (431,0; 489,5)	0,00	0,02	0,00
	АОП	190,0 (184,0; 194,0)	207,0 (178,5; 262,5)*	316,5 (254,5; 386,0)	0,13	0,05	0,05
ИН (усл. ед.)	Фон	140,8 (126,4; 221,6)	55,9 (41,4; 77,0)	19,6 (13,9; 22,3)	0,00	0,02	0,00
	АОП	190,2 (158,7; 326,2)	144,2 (87,0; 219,6)*	43,5 (34,5; 71,3)	0,09	0,05	0,01
SDNN (мс)	Фон	36,5 (32,2; 47,6)	68,4 (54,8; 76,1)	116,1 (113,5; 131,7)	0,01	0,02	0,00
	АОП	35,0 (31,0; 39,3)*	43,9 (34,6; 57,7)*	71,3 (58,4; 89,0)	0,10	0,03	0,02
RMSSD (мс)	Фон	42,2 (23,7; 43,7)	73,1 (67,7; 83,4)	152,6 (137,0; 159,15)	0,00	0,02	0,00
	АОП	16,5 (16,1; 21,8)	32,5 (23,6; 44,6)*	56,3 (42,3; 77,3)	0,04	0,03	0,03
CV (%)	фон	5,6 (5,2; 7,5)	9,4 (6,9; 10,2)	13,25 (12,95; 14,6)	0,05	0,02	0,00
	АОП	6,2 (6,0; 6,3)	7,1 (6,0; 8,6)*	10,0 (8,20; 12,0)	0,18	0,02	0,04
pNN50 (%)	фон	16,2 (3,7; 22,4)	51,9 (44,6; 55,9)	71,7 (69,0; 77,9)	0,00	0,05	0,01
	АОП	1,3 (1,3; 3,4)	13,0 (3,4; 22,3)*	33,8 (18,7; 49,7)	0,07	0,03	0,04



Окончание табл. 1

Показатель ВСП	Положение	Тип вегетативной регуляции			p		
		I тип (n = 5)	III тип (n = 16)	IV тип (n = 4)	I, III	I, IV	III, IV
TP (мс ² /Гц)	фон	1149,0 (878,0; 1968,0)	4192,5 (2725,0; 5597,5)	12 369,5 (11 642,0; 15 729,5)	0,01	0,02	0,00
	АОП	1139,0 (841,0; 1406,0)	1915,0 (1256,5; 3046,0)*	5062,0 (3222,0; 7039,0)	0,08	0,03	0,02
HF (мс ² /Гц)	фон	627,0 (234,0; 673,0)	2208,5 (1648,0; 2617,5)	6697,0 (5915,5; 7934,0)	0,00	0,02	0,00
	АОП	150,0 (136,0; 156,0)	380,0 (198,5; 671,0)*	1232,0 (551,0; 2831,0)	0,16	0,03	0,06
LF (мс ² /Гц)	фон	331,0 (224,0; 530,0)	1141,5 (703,5; 1923,0)	4201,5 (3302,0; 5300,5)	0,02	0,02	0,01
	АОП	387,0 (283,0; 623,0)	950,0 (299,5; 1254,0)*	1181,0 (1108,5; 2324,0)	0,14	0,05	0,09
VLF (мс ² /Гц)	фон	443,0 (239,0; 456,0)	755,5 (415,5; 1092,5)	1503,0 (1133,5; 3786,0)	0,35	0,06	0,05
	АОП	516,0 (408,0; 648,0)	731,0 (510,0; 1048,0)	1890,0 (1027,5; 2418,5)	0,10	0,03	0,05
HF (%)	фон	26,7 (22,6; 50,5)	53,9 (43,6; 61,1)	51,0 (40,3; 63,8)	0,03	0,19	1,0
	АОП	17,9 (9,6; 34,3)	21,8 (11,1; 31,8)*	31,9 (12,3; 50,8)	0,84	0,41	0,43
LF (%)	фон	28,4 (26,6; 29,0)	27,6 (23,8; 32,4)	32,1 (27,0; 36,2)	0,96	0,41	0,38
	АОП	34,0 (33,6; 38,5)	43,2 (29,1; 51,4)*	34,7 (24,1; 44,8)	0,44	0,90	0,43
VLF (%)	фон	35,6 (28,6; 48,4)	16,3 (13,7; 22,4)	12,9 (9,2; 23,4)	0,01	0,06	0,38
	АОП	46,1 (34,7; 48,5)	38,1 (29,0; 41,7)*	34,5 (25,1; 42,9)	0,35	0,41	0,49
HFnu	фон	43,7 (41,4; 65,2)	66,1 (58,9; 70,48)	58,6 (52,7; 70,2)	0,12	0,46	0,63
	АОП	34,7 (17,9; 47,1)	34,3 (24,9; 46,7)	44,1 (22,5; 68,5)	0,86	0,46	0,57
LFnu	фон	56,2 (34,8; 58,6)	33,8 (29,5; 41,1)	41,4 (29,8; 47,3)	0,12	0,46	0,63
	АОП	65,3 (52,9; 82,1)	65,7 (53,3; 75,1)	55,9 (31,5; 77,9)	0,86	0,46	0,57
LF/HF	фон	1,3 (0,5; 1,4)	0,5 (0,4; 0,7)	0,7 (0,44; 0,9)	0,13	0,41	0,68
	АОП	1,9 (1,1; 4,6)	1,9 (1,2; 3,0)*	1,7 (0,5; 3,8)	0,90	0,55	0,61

* Показатель достоверности различий ($p < 0,05$) внутри группы.

Наиболее часто (в 64% случаев) отмечался III тип вегетативной регуляции, характеризующийся невысокими значениями ИН ($Me = 55,9$ усл. ед.) и достаточно высокими показателями суммарной мощности спектра TP ($Me = 4192,5$ мс²/Гц), что свойственно умеренному доминированию автономного механизма регуляции, и может рассматриваться как вариант адекватной возрастной адаптации к занятиям спортом. Среднегрупповые значе-

ния временных и спектральных показателей у представителей этого типа в целом соответствовали данным, полученным в других исследованиях [2, 6], и в большинстве случаев (BP, CV, АМо, pNN50, ИН, RMSSD, SDNN, TP, HF, LF) значимо отличались от величин, полученных у детей в группах с I и IV типами вегетативной регуляции.

У представителей IV типа показатели, оценивающие состояние парасимпатического отдела ВНС, были выше



(BP – на 40%, *RMSSD* – на 109%, *HF* – на 203%, $p < 0,001$), а симпатический (АМо) – ниже (на 43%, $p < 0,001$) по отношению к значениям у III типа. В противоположность последнему отмечены более высокие значения *LF* и *VLF* (соответственно на 268% и 99%, $p < 0,01-0,05$), но на фоне существенного большей общей мощности спектра (*TP* на 195%, $p < 0,001$), в результате чего относительные их значения (*LF*% и *VLF*%) с III типом не различались. Необходимо отметить, что для детей дошкольного и младшего школьного возраста не характерно выраженное доминирование парасимпатического отдела вегетативной нервной системы, т.к. регуляция хронотропной функции сердца осуществляется с высокой активностью симпатoadrenalовой системы и центральных механизмов [7]. Однако в данной группе таких мальчиков оказалось четверо (16%).

I тип вегетативной регуляции был выявлен у 5 чел. (20%). Обладатели данного типа имели достоверно более высокую ЧСС ($96,8 \pm 10,7$ уд./мин) и значения показателей, характеризующих активность симпатического отдела ВНС (АМо, *LF*). Показатели, отражающие суммарный эффект вегетативной регуляции (*SDNN* и *TP*), и активность парасимпатического звена (BP, *CV*, *pNN50*, *RMSSD*, *HF*) были самыми низкими (во всех случаях $p < 0,05$ по сравнению с III и IV типами). Значения ИИ ($Me = 140,9$ усл. ед.), достоверно большие по сравнению с другими типами, отражали более высокий уровень функциональной напряженности регуляторных систем организма. По утверждению ряда авторов [8, 9, 10], спортсмены с доминированием центрального механизма регуляции имеют исходно пониженное функциональное состояние.

Интерес представляют данные о количестве представителей того или иного типа в различных возрастных группах. Так, в группе 5–6-летних детей в 50% случаев имел место III тип, в 20% – IV тип и в 30% случаев – I тип вегетативной регуляции; в группе 7–8-летних – 73,3%, 13,3% и 13,3% соответственно. Полученные данные согласуются с общепринятыми представлениями об увеличении с возрастом активности парасимпатического звена ВНС и усилении влияния автономного контура регуляции у дошкольников и младших школьников и подтверждаются результатами корреляционного анализа: выявлены взаимосвязи возраста с *RMSSD*, *SDNN* и BP ($r = 0,43-0,48$; $p < 0,05$). Кроме того, отмечено, что с возрастом увеличивается суммарная активность нейроморальных влияний на сердечный ритм (*TP*, $r = 0,40$; $p < 0,05$) и адаптивные возможности организма (*VLF*, $r = 0,54$; $p < 0,05$), а также снижается стресс-индекс (ИИ, $r = -0,45$; $p < 0,05$), отражающий степень напряженности функционирования регуляторных механизмов. Частота сердечных сокращений, которая рассматривается как интегральный показатель гомеостатической устойчивости организма, отрицательно коррелировала с возрастом ($r = -0,40$; $p < 0,05$). Выявленные взаимосвязи подтверждают тенденции возрастного развития в условиях спортивных занятий.

Таким образом, для юных футболистов 5–8 лет наиболее характерным является преобладание автономного

механизма вегетативной регуляции, частота встречаемости которого повышается в рассматриваемом возрастном интервале. Выраженное доминирование автономного механизма, обнаруженное в четырех случаях из 25, может указывать на незрелость регуляторных механизмов, а также свидетельствовать о чрезмерности применяемых физических нагрузок. В этой связи проведение АОП имело большое значение, поскольку скрытые изменения со стороны сердечно-сосудистой системы и механизмов регуляции выявляются при осуществлении нагрузочных проб [9].

Проведенное тестирование показало, что особенностью реакции на ортостаз у мальчиков данного возраста является рост напряженности регуляции функционирования организма преимущественно благодаря скачкообразному снижению активности парасимпатического отдела ВНС.

Так, у представителей III типа величина показателя *HF* уменьшилась на 82,8%, *pNN50* – на 74,9%, *RMSSD* – на 55,5%, BP – на 34,5%. На этом фоне активность симпатического отдела ВНС по показателю АМо выросла на 25,8%. В результате подавления активности автономного контура регуляции вырос уровень напряженности организма, что подтверждалось ростом величины ИИ на 104,3% (во всех случаях $p < 0,05$).

Данные спектрального анализа также демонстрируют повышение напряжения центральной регуляции в ответ на ортостаз: снижение суммарной мощности спектра (на 54,3%, $p < 0,01$) происходило за счет уменьшения мощности дыхательных (на 82,8%, $p < 0,01$) и вазомоторных (на 16,8%, $p < 0,05$) волн при сохранившейся интенсивности надсегментарных влияний. Это привело к изменению соотношения в спектре быстрых и медленных волн. Если в покое характерным типом спектра был “*HF > LF > VLF*” (в 75% случаев), то в ответ на ортостатическое воздействие в большинстве случаев отмечалось преобладание медленных волн первого порядка: тип спектра “*LF > VLF > HF*” отмечался у 37,5% и “*LF > HF > VLF*” – у 18,8%. Такую реакцию на ортостаз можно считать оптимальной, поскольку поддержание гемодинамики при изменении положения тела осуществляется с использованием специфических механизмов, а именно – за счет активации бульбарного вазомоторного центра [11, 12].

Особенностью вегетативной реакции на ортостаз у юных футболистов с IV типом регуляции являлся тот факт, что на фоне снижения активности парасимпатического звена ВНС (снижение значений *HF*, *pNN50*, *RMSSD*, BP соответственно составило 81,6%, 52,9%, 36,9% и 28,8%) отмечалось усиление симпатических влияний, причем более выраженное, чем в III типе (увеличение АМо на 45,2%). Спектральный анализ показал, что на фоне резкого снижения мощности *LF*-волн (на 71,8%), наблюдался рост влияний со стороны высших вегетативных центров (*VLF* на 25,7%). Вероятно, это связано с незрелостью вазомоторного центра продолговатого мозга и, как следствие, компенсаторным повышением активности надсегментарных уровней ВНС и усилением гуморально-метаболических влияний в обеспечении гемоди-



намики при изменении положения тела. Что касается спектра ВСР, то в покое в 100% случаев регистрировалось преобладание *HF*-волн ($HF > LF > VLF$), тогда как в ортостазе у всех спортсменов наблюдались различные варианты ($HF > LF > VLF$; $HF > VLF > LF$; $VLF > LF > HF$ и $LF > VLF > HF$).

У юных футболистов с умеренным преобладанием центральной регуляции (I тип) при аналогичной выраженности изменений основных показателей парасимпатического звена (*HF*, $pNN50\%$, *RMSSD*) отмечены разнонаправленные изменения медиан остальных. Так, у четырех человек из пяти имели место парадоксальные, в соответствии с оценкой Н.И. Шлык [3], изменения показателей на ортостаз, и только у одного ребенка направленность изменений носила оптимальный характер, причем исходные значения его показателей ВСР были близки к критериям III типа.

Анализ характера спектра ВСР показал, что в покое преобладающим был " $VLF > LF > HF$ " (в 40% случаев), который в ортостазе отмечен уже в 60% случаев. Это свидетельствовало о вовлечении надсегментарных отделов ВНС в процесс срочной адаптации, что является менее эффективным, но более надежным способом поддержания оптимального уровня функционирования аппарата кровообращения при внешних воздействиях [12].

При изучении возрастных особенностей реакции на ортостаз выяснилось, что у мальчиков 5–6 лет от-

носительные (*HF%*, *LF%*) и нормализованные (*HFnu*, *LFnu*) значения быстрых и медленных волн 1-го порядка и, соответственно, индекс вагосимпатического взаимодействия (*LF/HF*) значимо отличались от таковых у 7–8-летних спортсменов ($p < 0,02–0,005$) и коррелировали с возрастом. Полученные данные свидетельствовали о более выраженной реактивности вазомоторного центра продолговатого мозга в ответ на ортостаз у более старших футболистов, что, на наш взгляд, является более зрелой реакцией регуляторных механизмов на стресс. В свою очередь у футболистов 5–6 лет переход в вертикальное положение сопровождался ростом суммарной мощности *VLF*-волн (на 13,7%, $p > 0,05$), т.е. с активацией неспецифических механизмов с вовлечением надсегментарных отделов ВНС в процесс срочной адаптации.

Таким образом, у футболистов 5–8 лет реакция на активный ортостаз характеризовалась существенным снижением парасимпатических влияний вне зависимости от типа вегетативной регуляции. Наибольший рост симпатических влияний при повышении централизации управления сердечным ритмом наблюдался у мальчиков с преобладанием автономного контура регуляции (III и IV тип). Более выраженное вовлечение центральных структур в процесс срочной адаптации отмечалось у футболистов с I и IV типом, а также у более юных спортсменов.

Заключение

Проведенное исследование показало, что у юных футболистов 5–8-летнего возраста функциональное состояние регуляторных систем и их реактивность зависят от индивидуально-типологических особенностей организма.

Максимальная частота встречаемости III типа вегетативной регуляции (64%) и оптимальная реакция на ортостаз у его обладателей свидетельствует об адекватности применяемых физических нагрузок для большинства занимающихся.

Однако выраженное преобладание автономной регуляции (IV тип) на фоне брадикардии ($67,5 \pm 1,73$ уд./мин) у 16% юных футболистов может указывать на дисфункцию в состоянии регуляторных механизмов, а также свидетельствовать об ускоренном, нерациональном пути адаптации сердца и его перенапряжении [3, 8], что вызывает опасения и предъявляет требования к оптимизации тренировочного воздействия с учетом индивидуальных особенностей занимающихся.

Парадоксальные изменения временных и спектральных показателей на ортостаз у обладателей I типа вегетативной регуляции на фоне исходно большего напряжения регуляторных механизмов могут свидетельствовать о снижении адаптационных возможностей организма,

что также требует особого внимания к данной категории спортсменов.

С возрастом повышается интенсивность вегетативных влияний на сердечный ритм, растет активность парасимпатического звена ВНС, автономного контура регуляции и адаптивные возможности детского организма. Реакция на ортостаз у 5–6-летних спортсменов характеризуется вовлечением центральных структур в процесс срочной адаптации, тогда как у более старших футболистов их роль в адаптационных процессах снижается, что, вероятно, связано с созреванием сегментарных отделов ВНС.

Опыт применения анализа ВСР на контингенте юных футболистов позволяет говорить о диагностической информативности метода для спортсменов, обучающихся на спортивно-оздоровительном этапе и этапе начальной подготовки. ВСР-мониторинг детей младшего возраста в тренировочном процессе может рассматриваться как один из вариантов контроля переносимости физических упражнений и выявления спортсменов, организм которых не справляется с выполняемыми нагрузками, что в конечном итоге будет способствовать оптимизации планирования тренировочного воздействия в многолетней подготовке.



Литература

1. Иорданская, Ф.А. Мониторинг функциональной подготовленности юных спортсменов – резерва спорта высших достижений: монография, изд. 2-е, перераб. и дополн. – М.: Спорт, 2021. – 176 с.
2. Сапожникова, Е.Н., Шлык, Н.И., Кириллова, Т.Г. и др. Типологические особенности variability сердечного ритма у школьников 7–11 лет в покое и при занятиях спортом // Вестник Удмуртского университета. Серия «Биология. Науки о Земле». – 2012. – № 2. – С. 79–88.
3. Шлык, Н.И. Сердечный ритм и тип регуляции у детей, подростков и спортсменов: монография. – Ижевск: Изд-во «Удмуртский университет», 2009. – 259 с.
4. Баевский, Р.М., Черникова, А.Г. Анализ variability сердечного ритма: физиологические основы и основные методы проведения // *Cardiometry*. – 2017. – Вып. 10. – С. 68–80.
5. Гаврилова, Е.А. Variability ритма сердца и спорт // *Физиология человека*. – 2016. – Т. 42. – № 5. – С. 121–129.
6. Балабохина, Т.В., Литвин, Ф.Б., Рудин, М.В. Особенности variability сердечного ритма в зависимости от типа вегетативной регуляции у мальчиков 8–12 лет при занятиях футболом // *Современные вопросы биомедицины*. – 2021. – Т. 5 (4). – С. 124–133.
7. Литовченко, О.Г., Уханова, А.А. Функциональные изменения сердца у детей 10–12 лет, проживающих в условиях Ханты-Мансийского автономного округа – Югры // *Журнал медико-биологических исследований*. – 2019. – Т. 7. – № 4. – С. 399–409.
8. Шлык, Н.И. Управление тренировочным процессом спортсменов с учетом индивидуальных характеристик variability ритма сердца // *Физиология человека*. – 2016. – Т. 42. – № 6. – С. 81–91.
9. Гаврилова, Е.А. Безопасный спорт. Настольная книга тренера. – М.: ООО «ПРИНТЛЕТО», 2022. – 512 с.
10. Жигало, В.Я., Литвин, Ф.Б., Булавкина, Т.А. и др. Объективизация функционального состояния детского организма в условиях системной физической нагрузки // *Человек. Спорт. Медицина*. – 2019. – Т. 19. – № S1. – С. 77–82.
11. Березный, Е.А., Рубин, А.М. Практическая кардио-ритмография. – СПб: НПО «Нео», 1997. – 134 с.
12. Баевский, Р.М., Берсенева, А.П. Введение в донозологическую диагностику. – М.: Слово, 2008. – 220 с.

References

1. Iordanskaya, F.A. (2021), *Monitoring of the functional readiness of young athletes – a reserve of sports of the highest achievements: monograph, 2nd ed., revised and added*, Moscow: Sport, 176 p.
2. Sapozhnikova, E.N., Shlyk, N.I., Kirillova, T.G. et al. (2012), Typological features of heart rate variability in schoolchildren aged 7–11 years old at rest and during sports activity, *Vestnik Udmurtskogo universiteta. Seriya "Biologiya. Nauki o Zemle"*, no. 2, pp. 79–88.
3. Shlyk, N.I. (2009), *Cardiac rhythm and type of regulation in children, adolescents and athletes: monograph*, Izhevsk: Publishing House "Udmurt University", 259 p.
4. Baevskiy, R.M. and Chernikova, A.G. (2017), Analysis of heart rate variability: physiological bases and basic methods, *Cardiometry*, issue 10, pp. 68–80.
5. Gavrilova, E.A. (2016), Heart rate variability and sports, *Fiziologiya cheloveka*, vol. 42, no. 5, pp. 121–129.
6. Balabokhina, T.V., Litvin, F.B. and Rudin, M.V. (2021), Features of heart rate variability depending on the type of autonomic regulation in boys 8–12 years old when playing football, *Sovremennyye voprosy biomeditsiny*, vol. 5 (4), pp. 124–133.
7. Litovchenko, O.G. and Ukhanova, A.A. (2019), Functional changes in the heart in children aged 10–12 living in the conditions of the Khanty-Mansiysk Autonomous Okrug – Yugra, *Zhurnal mediko-biologicheskikh issledovaniy*, vol. 7, no. 4, pp. 399–409.
8. Shlyk, N.I. (2016), Management of the training process of athletes taking into account the individual characteristics of heart rate variability, *Fiziologiya cheloveka*, vol. 42, no. 6, pp. 81–91.
9. Gavrilova, E.A. (2022), *Safe sport. The trainer's handbook*, Moscow: PRINTLETO LLC, 512 p.
10. Zhigalo, V.Ya., Litvin, F.B., Bulavkina, T.A. et al. (2019), Objectivization of the functional state of the child's body under conditions of systemic physical activity, *Chelovek. Sport. Meditsina*, vol. 19, no. S1, pp. 77–82.
11. Berezniy, E.A. and Rubin, A.M. (1997), *Practical cardiorhythmography*, St. Petersburg: NPO "Neo", 134 p.
12. Baevskiy, R.M. and Berseneva, A.P. (2008), *Introduction to prenosological diagnostics*, Moscow: Slovo, 220 p.

