

УДК 612.176

DOI 10.5281/ZENODO.19656034

ОСОБЕННОСТИ ВЕГЕТАТИВНОЙ РЕГУЛЯЦИИ РИТМА СЕРДЦА НА СОРЕВНОВАТЕЛЬНОМ ПЕРИОДЕ ТРЕНИРОВОЧНОГО МАКРОЦИКЛА У ЮНЫХ БАСКЕТБОЛИСТОВ 11–14 ЛЕТ

Сажина О. А., Чэнь И., Заболотный А. Г., Евтых С. Б.

***ФГБОУ ВО «Адыгейский государственный университет», Майкоп, Республика Адыгея, Россия
E-mail: sazhinaolga28@mail.ru***

В статье представлены результаты исследования особенностей вегетативной регуляции ритма сердца юных баскетболистов 11–14 лет в условиях фоновой пробы в соревновательный период тренировочного макроцикла. Цель исследования: выявить особенности вегетативной регуляции сердечного ритма в покое у юных баскетболистов 11–14 лет. В ходе исследования были определены и интерпретированы показатели вторичной пульсометрии по Баевскому Р. М., выявлен характер напряжения регуляторных систем в покое в группах юных баскетболистов 11–12 и 13–14 лет. Анализ показал, что с возрастом и увеличением тренированности происходит изменение в работе вегетативной нервной системы: в группе детей (11–12 лет) выявлено преобладание симпатикотонического типа регуляции сердечного ритма и напряжении регуляторно-адаптационных механизмов, напротив, в группе подростков (13–14 лет) – преобладание вагусной активности и снижении степени централизации управления ритмом сердца.

Ключевые слова: сердечно-сосудистая система, ВСР, вегетативная регуляция, регуляторно-адаптивные механизмы, стратегия адаптации, баскетбол, юные спортсмены.

ВВЕДЕНИЕ

Оптимизация двигательной деятельности в детско-юношеском спорте является одной из актуальных проблем. Современный спорт представляет собой уникальную модель двигательной деятельности, протекающей в зоне предельных напряжений и в наивысшей степени, выявляющей резервные возможности организма. Успешность спортивной деятельности в детско-юношеском спорте во многом зависит от выбора стратегии адаптации как механизма оптимизации тренировочного процесса. Известно, что адаптация к спортивным физическим нагрузкам может быть достигнута за счет использования двух стратегий адаптации: резистентной и толерантной [1, 2]. Все зависит от уровня физической подготовленности спортсмена, его регуляторно-адаптивного статуса, степени развития кумулятивного утомления. Резистентная стратегия адаптации обеспечивается максимализацией функций за счет высокого напряжения регуляторно-адаптивных механизмов, что приводит к высокой «энергетической физиологической цены» адаптации и риску истощения метаболических и энергетических резервов организма [1, 2]. Тогда как реализация адаптационно-регуляторных механизмов по пути толерантной стратегии

увеличивает устойчивость организма на фоне экономизации основных его функций на всех уровнях их организации, когда ресурсная составляющая функциональных возможностей адекватна объему тренировочных и соревновательных нагрузок.

Баскетбол – это один из самых популярных видов спорта у обучающейся молодежи являясь как физическим, так и психологическим тренингом, источником мотивации, фактором социализации личности, развитием стратегического мышления, лидерства [3]. При относительно одинаковой технической и тактической подготовленности лучшего результата в баскетболе добиваются спортсмены, имевшие более высокие аэробные возможности. Состояние сердечно-сосудистой системы, степень ее тренированности, уровень функциональных резервных возможностей, особенности вегетативной регуляции работы сердца являются важными факторами, определяющими аэробную выносливость. Аэробная выносливость – это необходимое качество в баскетболе [4], благодаря которому организм способен выполнять физические нагрузки умеренной интенсивности в течение длительного времени без развития фазы утомления, используя кислород как основной источник энергии. Баскетбол является удачной моделью исследования особенностей регуляторно-адаптивных возможностей ССС. Важным аспектом данной проблемы является характеристика функциональных возможностей сердечно-сосудистой системы на отдельных этапах и периодах тренировочной деятельности. ССС с одной стороны, является одним из важнейших факторов, лимитирующих развитие адаптивных реакций растущего организма, с другой стороны, именно ССС подвергается процессу дезадаптации и возникновению предпатологических и патологических состояний в условиях острого мышечного напряжения [5] в результате перенапряжения регуляторных систем ввиду несоответствия функционального резерва и энергоресурсов расходу энергии. Следовательно, анализ ВСР может быть не только диагностическим, но и практико-ориентированным методом, особенно в соревновательном периоде тренировочного макроцикла.

Мощность циклических движений при баскетболе в зависимости от ситуации на игровом поле может быть большой, субмаксимальной и максимальной. При снижении мощности работы и при кратковременных остановках усиливаются восстановительные процессы, протекающие более интенсивно у высококвалифицированных баскетболистов [6]. ЧСС может достигать 200 уд/мин и более при высоком темпе игры – это означает, что значительная нагрузка ложится на сердечно-сосудистую систему (ССС). В условиях повышенной интенсивности работы учащение сердечного ритма происходит быстрее, чем его урежение при понижении мощности работы или в периоды отдыха. Запоздывание изменений сердечного ритма по сравнению с изменением мощности работы свидетельствует о некоторой инертности механизмов, регулирующих этот показатель деятельности сердца. При этом сердечный ритм служит определенным индикатором потребности миокарда и организма в целом в кислороде [7], а также одним из важнейших факторов, определяющих величину минутного объема кровотока, поддержание его на уровне адекватном текущим потребностям организма. Своевременная и по

возможности, удовлетворяющая потребность организма доставки кислорода, обеспечивает высокую работоспособность.

Направленность тренировочного процесса накладывает определенный след на регуляторно-адаптивные механизмы, функциональные резервы сердца, формируя наиболее выгодный гипокинетический тип кровообращения, экономизирующий деятельность сердца. У тренированных относительно меньший кислородный запрос и лучшая утилизация кислорода обеспечивают меньшие требования к органам кровообращения. Способность сердца к адаптации существенно модифицируется экстракардиальной регуляцией, которую осуществляет вегетативная нервная система наряду с эндокринной системой. Исходя из современных подходов, функциональную подготовленность ССС спортсменов игровых видов спорта можно оценить с помощью показателей вариабельности сердечного ритма [8–10]. Сбалансированный вариант вегетативной регуляции позволяет спортсмену максимально использовать функциональные резервы сердечной деятельности, экономизируя энергозатраты во избежание напряжения регуляторных механизмов и срыва адаптации.

В научной литературе хорошо представлены исследования, посвященные анализу вариабельности сердечного ритма (ВСР) как маркеру вегетативного обеспечения деятельности у юных баскетболистов [11–14]. Однако преимущественно эти работы ограничиваются оценкой стандартных временных и спектральных показателей, без четких разграничений показателей ВСР для каждой половозрастной группы. Практически отсутствуют комплексные исследования, применяющие многофакторный анализ регуляторно-адаптивных возможностей сердечно-сосудистой системы с использованием современных подходов к интерпретации показателей ВСР с учетом возрастной периодизации, позволяющих получить интегральную характеристику функциональных и резервных возможностей системы кровообращения в условиях соревновательного периода. Особую актуальность такой анализ приобретает в соревновательный период тренировочного макроцикла, когда применяются наиболее интенсивные тренировочные нагрузки, направленные на сохранение спортивной формы. Именно в этих условиях оценка регуляторно-адаптивных возможностей сердца и организма в целом на основе комплексного анализа ВСР позволяет выявить риски развития дезадаптационных нарушений, что позволит оптимизировать процесс восстановления между соревновательными и тренировочными нагрузками.

Изучение вегетативной регуляции ритма сердца в спорте, в частности, в баскетболе позволит получить информацию о нейрогуморальной регуляции физиологических функций и адаптационных реакциях целостного организма [15, 16], а также определить регуляторно-адаптационные возможности игроков и оптимальные режимы тренировочных нагрузок, что необходимо при учете подготовки и корректировки тренировок для достижения высоких результатов на матчах. Цель исследования: выявить особенности вегетативной регуляции сердечного ритма в покое на соревновательном этапе тренировочного макроцикла у юных баскетболистов 11–14 лет.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследуемая группа включала баскетболистов в возрасте 11–14 лет ($n=49$), занимавшихся в соревновательный период тренировочного макроцикла на учебно-производственной базе «Горная легенда» во время смены Летней научно-спортивной школы. Обследованные находились на тренировочном этапе спортивной специализации: Т (СС)-1 – в возрасте 11 лет; Т (СС)-3 – в возрасте 12–14 лет. В соответствии с возрастной периодизацией Института возрастной физиологии РАО (1965) все обследованные спортсмены были разделены на два возрастных периода: 11–12 лет – второе детство и 12–13 лет – подростковый возраст. Для формирования репрезентативной выборки и исключения влияния сопутствующих заболеваний проводился комплексный анализ анамнеза, который включал изучение не только спортивной истории (вид спорта, стаж, направленность тренировочного процесса), но и состояния здоровья по индивидуальным медицинским картам. Для стандартизации условий все исследования проводились в первой половине дня (с 9 до 12 часов) в условиях температурного комфорта (18–20°C). Запись ЭКГ осуществлялась в состоянии оперативного покоя, до тренировочных нагрузок, не менее чем через 24 часа после предыдущей значительной физической нагрузки. Статистическая обработка полученных результатов проводилась на базе лаборатории «Физиология развития ребенка» НИИ комплексных проблем Адыгейского государственного университета. Полученные данные обследованных баскетболистов были занесены в индивидуальные протоколы.

Регистрация электрокардиограммы и расчет вторичных показателей вариационной пульсометрии [17] проводились с использованием ПАК «Поли-Спектр-12» (компания Нейрософт, г. Иваново) в соответствии с Международным стандартом. Были проанализированы: частота сердечных сокращений (ЧСС, уд/мин), индекс напряжения регуляторных систем (ИН, усл.ед.), показатель адекватности процессов регуляции (ПАПР, усл.ед), квадратный корень из суммы разностей последовательного ряда кардиоинтервалов (RMSSD, мс), стандартное отклонение средней продолжительности сердечного цикла (SDNN, мс), индекс вегетативного равновесия (ИВР, усл.ед.) показатели ВСР позволяют оценить текущий уровень адаптации системы кровообращения, тонус отделов ВНС и центральные механизмы регуляции, определить их активности, процессы дезадаптации [17]. Статистические расчеты проведены с использованием пакета прикладных программ SPSS Statistics 17.0 (Inc., Chicago, USA) и Office Excel 2016 (Microsoft).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Проведенный анализ показал, что у баскетболистов 11–12 лет среднее значение показателя ЧСС составило $78,4 \pm 8,9$ уд/мин, что согласно протоколу Центра синкопальных состояний и сердечных аритмий у детей и подростков Федерального медико-биологического агентства (ЦСССА ФМБА России) незначительно ниже среднего значения для данного возрастного периода (80 уд/мин). В подростковой группе баскетболистов отмечается достоверное снижение ЧСС в покое до

71,7±2,5 уд/мин, ($p<0,05$), что соответствует нижней границе референсных значений нормы (табл. 1). Урежение пульса с возрастом является хорошо известным фактом. Данный феномен расценивается специалистами как результат снижения уровня симпатического влияния, сдвига вегетативного баланса в сторону парасимпатической нервной системы, особенно в условиях спортивного тренинга [18], что приводит к изменению мобильности синусового узла и становлению более совершенных форм нейро-гуморальной регуляции сердца, усилению тонических влияний блуждающего нерва на обмен и лабильность водителя ритма, несмотря на то, что в подростковом возрасте еще наблюдается некоторое повышение активности симпатического отдела. Такой вариант регуляции, с преобладающим становлением холиноэргического влияния при сохранении активности адренергических механизмов, является оптимальным для организма. Он свидетельствует о совершенствовании механизмов экономизации за счет усиления влияния инотропного регуляторного эффекта на сердце на фоне завершения от 11-ти к 14 годам морфологической дифференциации миокарда, превалировании роста левого желудочка и увеличения ударного объема сердца [19]. При этом в условиях регулярных занятий баскетболом сердце достигает более высокого уровня эффективности и экономичности. Определяющими факторами выявленных изменений являются как естественные процессы роста и развития в ходе онтогенеза, так и регулярные тренировки. Из литературы известно [20], что к 13–14 годам происходит реорганизация в структурах лимбико-ретикулярного комплекса, гипоталамуса, в результате вегетативный эффект регуляции приобретает статичный и устойчивый характер, парасимпатическое влияние становится доминирующим, расширяются регуляторно – адаптивные возможности организма, которые тесно сопряжены с эффективностью (экономичностью) и качеством регулирования [21, 22]. Нельзя исключить переход юных баскетболистов в возрасте 13–14 лет от срочного этапа к долговременной адаптации в процессе регуляторных тренировок и соревновательной деятельности, которые прежде всего основаны на формировании функциональных изменений в сердечно-сосудистой системе и ее регуляторных механизмах [23, 24]. Поскольку симпатическая и парасимпатическая системы тесно сопряжены, то усиление функционирования одной, приводит к компенсаторному напряжению другой системы, поэтому ЧСС в абсолютных значениях меньше у спортсменов в покое за счет значительного расширения функций парасимпатического отдела, но при этом у них выше процент прироста ЧСС при выполнении физических нагрузок относительно исходного уровня, что отражает повышение биологической надежности за счет более высокого уровня мобилизации ресурсных возможностей сердца на фоне достаточной активации механизмов симпатической регуляции.

Для ориентировочной оценки адаптационных возможностей сердечно-сосудистой системы, баланса симпатической и парасимпатической системы, определения степени централизации управления ритмом, прогнозирования развития состояния дистресса и наличия достаточных ресурсов для преодоления стресса широко используется стресс-индекс Баевского или индекс напряжения регуляторных систем (ИН), который имеет наиболее факторную значимость среди

показателей вариационной пульсометрии, характеризующий степень централизации управлением сердечного ритма. Верхний и нижний диапазон нормы ИН составляет 60–120 усл.ед. С позиции физиологической регуляции – это состояние эустресса, когда достаточно ресурсов для преодоления стрессовой нагрузки на фоне доминирования эрготропных реакций организма, реализация которых связана с активным расходом энергетических ресурсов на фоне увеличенной активности симпатического звена для формирования адекватной нагрузке реакции адаптации. Показатель ИН чувствителен к усилению тонуса симпатической нервной системы, поэтому в условиях сильных эмоциональных и физических нагрузок он может увеличиваться в 5–10 раз, превышающих 200–400 усл.ед. за счет высокого состояния напряжения регуляторных механизмов на фоне чрезмерной активности стресс-реализующей системы в целях дополнительного расходования энергии [25, 26]. Считается, что в игровых видах спорта незначительное повышение ИН в узком диапазоне от нормы (от 150 до 160 усл.ед.) уже свидетельствует об усилении симпатического звена регуляции и активности стресс-реализующей системы [25, 27]. Напротив, при ИН меньше 30 усл.ед. регистрируется состояние выраженного дистресса с явным преобладанием стресс-лимитирующей системы и усилением парасимпатических влияний на ритм сердца на фоне истощения адаптационного ресурса ввиду суммирующего объема тренировочных и соревновательных нагрузок, превышающие функциональные и адаптивные возможности организма.

Наши исследования показали (табл. 1), что в группе юных баскетболистов в возрасте 11–12 лет ИН был равен $55,2 \pm 13,4$ усл.ед., что указывает на наличие тенденции к развитию компенсированного дистресса и преобладанию активности стресс-лимитирующей системы.

Таблица 1.
Сравнительный анализ показателей ($M \pm SD$) variability сердечного ритма у юных баскетболистов второго детского и подросткового возрастов

Показатели	Возрастная группа	
	Второе детство n=20	Подростковый возраст n=28
ЧСС, уд/мин	$80,2 \pm 3,4^*$	$71,7 \pm 2,5^*$
ИН, усл.ед	$55,2 \pm 13,4$	$30,6 \pm 7,1$
ПАПР, усл.ед	$51,1 \pm 4,9$	$42,1 \pm 4,8$
RMSSD, мс	$101,7 \pm 15,7^*$	$230,6 \pm 35,2^*$
SDNN/CKO, мс	$29,1 \pm 2,3^*$	$186 \pm 21,4^*$
ИБР, усл.ед	$81,9 \pm 19,1$	$46,2 \pm 10,6$

Примечание: * – достоверные различия ($p \leq 0,05$) по t-критерию Стьюдента между группами детей и подростков, занимавшихся баскетболом.

В принципе организм справляется с физическими нагрузками за счет наличия достаточных ресурсов для преодоления стресса. Тогда как у баскетболистов-

подростков в возрасте 13–14 лет ИН находится на нижней границе компенсированного дистресса, имея значения $30,6 \pm 7,1$ усл.ед., что по абсолютным значениям ближе к состоянию выраженного дистресса с превалированием активности стресс-лимитирующих систем, развитием дисбаланса между симпатической и парасимпатической системами в пользу активности вагусного влияния. Это связано, с одной стороны, с особенностями подросткового возраста, переходом после пубертатного скачка роста, зафиксированного нами в 13 лет, в активную фазу полового созревания. С другой стороны, это является следствием специфики режима тренировок и низкой степенью восстановления, что сопровождается кумуляцией утомления. Считается, что молодой организм может без последствий выдерживать неадекватный характер тренировочных и соревновательных нагрузок, но затем регулярное недовосстановление между соревновательными и тренировочными нагрузками может привести к истощению эрготропных функций организма и доминированию трофотропных факторов, отвечающих за процессы восстановления, отдыха и накопления энергетических ресурсов [25, 28]. Тренеру важно понимать, что восстановление это важная часть тренировочного процесса. Недовосстановление снижает не только спортивный результат, но приводит к переутомлению, перенапряжению, развитию состояния перетренированности, усилению внутреннего психологического сопротивления тренировкам, потере мотивации [23].

Показатель вариационной пульсометрии – ПАПР, являющийся показателем адекватности процессов регуляции, отражающий соответствие между активностью симпатического отдела вегетативной системы и ведущим уровнем функционирования синоатриального узла (табл. 1) укладывается в нормативные значения ($35\text{--}70$ усл.ед.), что отражает преобладание автономных влияний на ритм сердца. Поскольку показатель ПАПР в наших исследованиях укладывается в референсные значения, то ВНС способна справляться с задачей управления ритмом самостоятельно как в возрасте 11–12 лет, так и в 13–14 лет.

Активность симпатического и парасимпатического отделов ВНС, есть результат системной реакции многоконтурной и многоуровневой системы регуляции, доминирующая роль отдельных звеньев определяется текущим функциональным состоянием организма, его актуальными потребностями [17, 29, 30]. Длительный тонус симпатического отдела в условиях недостаточного участия парасимпатического отдела в компенсаторно-адаптационных реакциях может отрицательно сказаться в дальнейшем на приспособительных реакциях организма [31].

Базовым временным показателем ВСР является SDNN, отражающий суммарный эффект влияния симпатического и парасимпатического звеньев регуляции на синусовый узел, используется как маркер повышения тонуса симпатического отдела, составляя в норме $50\text{--}100$ мс. В случае доминирующего влияния симпатического звена регуляции на сердце данный показатель уменьшается и, напротив, увеличивается на фоне активации парасимпатического отдела. Особое внимание заслуживает активация симпатoadреналовой системы, в возрасте 11–12 лет (табл. 1), что сопряжено как с развитием общего адаптационного

синдрома, так и со значительными перестройками структуры миокарда, неадекватными тренировочными нагрузками и недовосстановлением [28]. Снижение SDNN сопряжено с увеличением ЧСС и снижением ВСР, а чем ниже вариабельность, тем менее устойчива система регуляции к воздействию внешних нагрузок за счет неадекватного функционирования систем саморегуляции, нарушения контроля за сердечной деятельностью [17, 29]. Чрезмерная активность симпатического звена регуляции сердца и низкая ВСР могут привести к ухудшению кровоснабжения головного мозга, отрицательно сказаться на текущем функциональном состоянии ЦНС, когнитивных функциях, ухудшить концентрацию внимания, память, способность к экстраполяции на игровом поле при смене игровых ситуаций.

В возрасте 13–14 лет показатель SDNN был значительно выше среднего значения (табл. 1). Это результат присутствия наряду с аэробными тренировками на этапе Т(СС)3 интенсивных анаэробных тренировок, когда на фоне высокого тонуса парасимпатического звена регуляции происходит увеличение вариативности сердечного ритма выше среднего уровня, что свидетельствует о хорошем функционировании вегетативной нервной системы и способности организма адаптироваться к стрессовой ситуации, лучше справляться с тренировочными и соревновательными нагрузками. С другой стороны, ИН указывал на изменение адаптационной направленности в возрасте 13–14 лет, доминирования стресс-лимитирующей системы. На этой стадии тренированности организм уже способен за счет механизмов саморегуляции, включения отрицательной обратной связи активизировать стресс-лимитирующую систему параллельно со стресс-реализующей, что повышает способность организма контролировать стресс. Во многом ВСР зависит на данном этапе тренировочного периода от объема и интенсивности тренировочной и соревновательной деятельности, общего состояния сердечно-сосудистой системы, качества восстановления после физических нагрузок.

Анализ показателя RMSSD (мс) (табл. 1), отвечающего за степень активности парасимпатического звена вегетативной регуляции и восстановления организма [32], выявил значительные статистические различия между группами спортсменов. Так, в группе детей-баскетболистов наблюдалось снижение вагусной активности ($101,7 \pm 15,7$ мс, $p \leq 0,05$), тогда как в подростковой группе спортсменов выявлена высокая парасимпатическая активность ($230,6 \pm 35,2$ мс, $p \leq 0,05$), что является повышением в этом возрасте базального уровня активности парасимпатического отдела вегетативной нервной системы в состоянии относительного покоя и ее влияния направлено на поддержания гомеостаза и указывает на эффективное восстановление в сравнении с детьми младшего возраста, на что мы указали при анализе показателя SDNN. Это означает, что с помощью ВСР можно контролировать тренировки, точно оценивать динамику работы сердца, активацию механизмов управления адаптацией, определять в процессе активного восстановления фазу суперкомпенсации – оптимального фона для последующих тренировок.

Индекс вегетативного равновесия (ИВР) является важным показателем состояния баланса вегетативной нервной системы у спортсменов: чем выше индекс,

тем активнее функциональное состояние симпатического отдела ВНС, что указывает на смещение вегетативного баланса в сторону симпатической регуляции, доминирование адренергических влияний на сердечный ритм. Анализ средних значений ИВР показал, что в обеих возрастных группах отсутствуют достоверные различия в значениях данного показателя ($p > 0,05$). Для баскетболистов 11–12 лет ИВР составил $81,9 \pm 19,1$ усл.ед., что свидетельствует об усилении симпатического звена регуляции, а согласно данным некоторых авторов [29] указывает на нормотонию. У баскетболистов 13–14 лет ИВР составлял $46,2 \pm 10,6$ усл.ед., в среднем значение ниже, чем в группе детей, что в большей степени указывает на тенденцию увеличения влияния парасимпатического звена регуляции на фоне увеличения тренировочно-соревновательного опыта и степени адаптации к спортивным физическим нагрузкам. Постоянно высокая активность симпатического отдела в возрасте 11–12 лет может привести в процессе регулярных тренировок к высокому напряжению функционального резерва, его истощению, к развитию на фоне перетренированности, переутомлению, дистресса. Главными детерминантами снижения или повышения уровня ВСР являются возраст, активные фазы роста и развития, индивидуальные особенности резистентности организма к расширенному двигательному режиму, спортивная гиперкинезия, приводящая к нарушению вегетативного баланса. К сожалению, в доступной нам литературе мы столкнулись с отсутствием четких показателей ВСР для каждой половозрастной группы, особенно когда вопрос касается деления обследуемых на нормотоников, симпатотоников и ваготоников мы сталкиваемся с неоднозначным вариационным размахом по всем исследуемым временным показателям ВСР.

Для своевременного достижения высокого уровня спортивных результатов команд на соревнованиях необходимо в течение годового цикла осуществлять комплексное обследование в процессе тренировочной соревновательной деятельности, что включает сбор данных об уровне функционального состояния организма и физической подготовленности, включая оценку текущего функционального состояния сердечно-сосудистой системы (ССС) юных спортсменов, анализ характера и величины «физиологической цены» адаптации организма в ответ на тренировочные и соревновательные нагрузки. Учитывая современные требования спорта, важно принимать во внимание возрастные особенности адаптивных и резервных возможностей организма юных спортсменов, поскольку у детей и подростков существует своя специфика адаптации: наряду с непрерывными ростовыми процессами организм должен одновременно приспосабливаться к достаточно большим по объему тренировочным занятиям [33]. Для эффективной подготовки баскетбольных команд требуется оптимальная система управления, а именно разработка и внедрение новых методик и технологий мониторинга хода научно-методического и медико-биологического сопровождения в целях получения индивидуализированных протоколов [34].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

У юных баскетболистов в возрасте 11–12 лет выявлено статистически значимое преобладание симпатикотонических влияний на регуляцию сердечного

ритма, что подтверждается повышенными значениями ЧСС ($80,2 \pm 3,4$ уд/мин, $p < 0,05$) и индекса вегетативного равновесия ($81,9 \pm 19,1$ усл.ед.). Полученные данные согласуются с концепцией о незавершенности морфофункционального созревания сердечно-сосудистой системы в данном возрастном периоде. Сниженные показатели временного анализа ВСР (SDNN $29,1 \pm 2,3$ мс, RMSSD $101,7 \pm 15,7$ мс) свидетельствуют о недостаточной вагусной активности, что может лимитировать адаптационные резервы организма при спортивных нагрузках, снизить эффективность восстановления после физических нагрузок, сказаться отрицательно на поддержании процессов гомеостаза, замедлить переход от срочного этапа к устойчивой долговременной адаптации.

У баскетболистов-подростков в возрасте 13–14 лет установлено достоверное усиление парасимпатических влияний (RMSSD $230,6 \pm 35,2$ мс, $p < 0,05$, ЧСС $71,7 \pm 2,5$ уд/мин, $p < 0,05$), что отражает зрелость регуляторных механизмов и положительное влияние на поддержание гомеостаза и восстановление стабильности во внутренней среде организма и его функций после тренировочных соревновательных нагрузок. Однако низкие значения ИН ($30,6 \pm 7,1$ усл.ед.), выходящие за физиологические границы компенсированного состояния, свидетельствуют о развитии дисбаланса вегетативной регуляции вследствие кумулятивного тренировочного стресса на фоне недовосстановления организма между тренировочными и соревновательными нагрузками вследствие плотного графика тренировочных занятий и отсутствием в соревновательный период качественных полноценных восстановительных программ, оптимально сочетающих пассивный отдых с активным восстановлением. Это диктует необходимость дифференцированного и индивидуального подходов к нормированию нагрузок, особенно в пубертатном периоде с учетом усиления феномена гетерохронности процессов роста, развития и формообразования.

Список литературы

1. Кулинский В. И. Две адаптационные стратегии в неблагоприятных условиях резистентная и толерантная. Роль гормонов и рецепторов / В. И. Кулинский, И. А. Ольховский // Усп. совр. биол. – 1992. – Т. 112, № 5–6. – С. 697–714.
2. Коломиец О. И. Особенности метаболических адаптационных изменений при различных физических нагрузках / О. И. Коломиец, Н. П. Петрушкевич, Е. В. Быков // Наука. Инновации. Технологии. – 2017. – № 1. – С. 207–216.
3. Данилов В. А. Повышение эффективности игровых действий в баскетболе: (13.00.04): автореферат диссертации на соискание учёной степени доктора педагогических наук / Данилов Владимир Андреевич; [ГЦОЛИФК]. – Москва, 1996. – 43 с.
4. McInnes S. E. The physiological load imposed on basketball players during competition / S. E. McInnes et al. // Journal of sports sciences. – 1995. – Т. 13, № 5. – С. 387–397.
5. Меерсон Ф. З. Адаптация сердца к большой нагрузке и сердечная недостаточность / Ф. З. Меерсон. – М.: Наука, 1975. – 264 с.
6. Зимкин Н. В. Об общей физиологической характеристике и способах определения выносливости у спортсменов / Н. В. Зимкин // Физиологическая характеристика и методы определения выносливости в спорте. – М.: ФиС. – 1972. – С. 6.
7. Acharya R. U. Heart rate variability: A review / R. U. Acharya, J. K. Paul, N. Kannathal, C. M. Lim, J. S. Suri // Medical & Biological Engineering & Computing. – 2006. – Vol. 44. – P. 1031–1051.

8. Быков Е. В. Спектральные характеристики ритма сердца у футболистов с различным типом вегетативной регуляции / Е. В. Быков, Е. Г. Сидоркина, Н. В. Аксенова // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 6. – С. 14–26.
9. Калинина И. Н. Критериальная значимость коэффициента эффективности адаптации для оценки динамической функциональной системы футболистов 12–18 летнего возраста / И. Н. Калинина, В. В. Лавриченко // Российский журнал спортивной науки: медицина, физиология, тренировка. – 2022. – Т. 1, № 1(1). – С. 15–22.
10. Makivić B. Heart rate variability (HRV) as a tool for diagnostic and monitoring performance in sport and physical activities / B. Makivić, M. D. Nikić, M. S. Willis, P. Education, A. Parović // Journal of Physical Education and Sport. – 2013. – Vol. 16, № 3. – P. 103–131.
11. Zamora V. Heart rate variability and accelerometry: Workload control management in men's basketball / V. Zamora, L. Capdevila, J.F. Lalanza, T. Caparrós // Apunts. Educación Física y Deportes. – 2021. – № 143. – P. 44–51.
12. Jin N. A Validation Study of Heart Rate Variability Index in Monitoring Basketball Training Load / N. Jin, J. Tian, Y. Li, J. Mi // Frontiers in Physiology. – 2022. – Vol. 13.
13. Petway A. J. Training load and match-play demands in basketball based on competition level: A systematic review / A. J. Petway, T. T. Freitas, J. Calleja-González, D. M. Leal, P. E. Alcaraz // PLoS ONE. – 2020. – Vol. 15.
14. Sánchez J. M. Heart rate variability and psychophysiological profiles in high-performance team sports / J. M. Sánchez, E. P. Romero, L. C. Ortíz // Revista de Psicología del Deporte. – 2013. – Vol. 22, № 2. – P. 345–352.
15. Mosley E. A scoping review of heart rate variability in sport and exercise psychology / E. Mosley, S. Laborde // International Review of Sport and Exercise Psychology. – 2022. – P. 1–75.
16. Шлык Н. И. Нормативы показателей вариабельности сердечного ритма у исследуемых 16–21 года с разными преобладающими типами вегетативной регуляции / Н. И. Шлык, Э. И. Зуфарова // Вестник Удмурт. гос. ун-та. Серия «Биология. Науки о Земле». – 2013. – Вып. 4. – С. 96–105.
17. Баевский Р. М. Вариабельность сердечного ритма: теоретические аспекты и возможности клинического применения / Р. М. Баевский, Г. Г. Иванов // Ультразвуковая и функциональная диагностика. – 2001. – №. 3. – С. 108–127.
18. Acharya R. U. Heart rate variability: A review / R. U. Acharya, J. K. Paul, N. Kannathal, C. M. Lim, J. S. Suri // Medical & Biological Engineering & Computing. – 2006. – Vol. 44. – P. 1031–1051.
19. Тупицын И. О. Развитие системы кровообращения / И. О. Тупицын // Физиология развития ребенка: теоретические и прикладные аспекты. – М.: Образование от А до Я., 2000. – С. 148
20. Добротворская С. Г. Онтогенез вегетативной нервной системы: Учебное пособие / С. Г. Добротворская, Т. Л. Зефилов – Казань: «Печать-Сервис XXI век», 2015. – 41 с.
21. Lundstrom C. J. Practices and applications of heart rate variability monitoring in endurance athletes / C. J. Lundstrom, N. A. Foreman, G. Biltz // International Journal of Sports Medicine. – 2023. – Vol. 44, № 1. – P. 9–19.
22. Покровский В. М. Формирование ритма сердца в организме человека и животных / В. М. Покровский – Общество с ограниченной ответственностью "Кубань-книга", 2007. – 144 с.
23. Шаханова А. В. Функционально-адаптивные возможности кардио-респираторной системы как индикатора состояния здоровья юных спортсменов / А. В. Шаханова, А. А. Кузьмин, И. С. Беленко // Актуальные проблемы охраны здоровья учащейся молодежи: ст. материалы V международной научно-практической конференции. – Брянск, 2008. – С. 248–260.
24. Шлык Н. И. Сердечный ритм и тип регуляции у детей, подростков и спортсменов: моногр. / Н. И. Шлык. – Ижевск: Удмуртский ун-т, 2009. – 255 с.
25. Гаврилова Е. А. Спорт стресс вариабельность: монография: Монография / Е. А. Гаврилова – Москва: Спорт, 2015. – 168 с.
26. Трифонова Т. А. Оценка адаптационного состояния студентов / Т. А. Трифонова, Н. В. Мищенко, И. А. Климов – Владимир: Изд-во ООО «Аркаим», 2016. – 94 с.
27. Шлык Н. И. Вариабельность сердечного ритма и методы определения у спортсменов в тренировочном процессе / Н. И. Шлык. – Ижевск: Удмуртский ун-т, 2022. – 93 с.

28. Davis J. K. In-Season Nutrition Strategies and Recovery Modalities to Enhance Recovery for Basketball Players: A Narrative Review / J. K. Davis, S. Y. Oikawa, S. Halson, J. Stephens, S. O'riordan, K. Luhrs, B. Sopena, L. B. Baker // *Sports Medicine*. – 2022. – Vol. 52. – P. 971–993.
29. Бабунц И. В. Азбука вариабельности сердечного ритма / Бабунц И. В., Мириджанян Э. М., Мшаех Ю. А. – Ставрополь, 2002. – 112 с.
30. Ernst G. Heart-rate variability-more than heart beats? / G. Ernst // *Frontiers in Public Health*. – 2017. – Vol. 5.
31. Жоголева О. А. Системный подход в оценке здоровья студентов / О. А. Жоголева, Е. В. Дорохов, Н. А. Агаджанян // *Научные труды II съезда физиологов СНГ*; под ред. Р. И. Сепиашвили, А. И. Григорьева, Ф. И. Фурдуй – Москва – Кишинэу: Медицина – Здоровье, 2008. – С. 210.
32. Al Haddad H. Reliability of resting and postexercise heart rate measures / H. Al Haddad, P. B. Laursen, D. G. Ahmaidi, S. Buchheit // *International Journal of Sports Medicine*. – 2011. – Vol. 32, № 8. – P. 598–605.
33. Шаханова А. В. Особенности адаптации сердечно-сосудистой системы спортсменов разных видов спорта по данным вариабельности ритма сердца / А. В. Шаханова, Я. К. Коблев, С. С. Гречишкина // *Вестник Адыгейского государственного университета. Серия 4: Естественно-математические и технические науки*. – 2010. – №. 1. – С. 105–111.
34. Опыт организации комплексного педагогического контроля в научно-методическом обеспечении подготовки спортсменов высокого класса: коллективная монография / А. Г. Абалян, А. С. Крючков, Е. Б. Мякинченко и др. – М.: ФГБУ ФНЦ ВНИИФК, 2023. – 208 с.

FEATURES OF AUTONOMIC REGULATION OF HEART RHYTHM DURING THE COMPETITIVE PERIOD OF THE TRAINING MACROCYCLE IN YOUNG BASKETBALL PLAYERS AGED 11-14 YEARS

Sazhina O. A., Chen Y., Zabolotny A. G., Evtykh S. B.

Adyghe State University, Maykop, Republic of Adygea, Russia

E-mail: sazhinaolga28@mail.ru

The article examines the age-related features of autonomic regulation of heart rate in young basketball players aged 11–14 years during the competitive period of the training macrocycle.

The aim of the study was to identify age-related features of autonomic regulation of resting heart rate in young basketball players aged 11–14 years at the competitive stage of the training macrocycle.

The study involved 49 basketball players, divided according to age periodization (1965) into two periods of ontogenesis: 11–12 years (second childhood, n=20) and 13–14 years (adolescence, n=29). The study was conducted in a competitive environment. Electrocardiogram registration and calculation of secondary parameters of variational heart rate monitoring were carried out using the Poly-Spectrum-12 package (Neurosoft company, Ivanovo). The following HRV indicators were analyzed: heart rate (HR), stress index of regulatory systems (IN), adequacy index of regulatory processes (PAPR), SDNN (standard deviation of cardiac intervals), RMSSD (square root of the mean of the squares of the differences of successive cardiac intervals) and the index of vegetative equilibrium (IVR). Statistical data processing was carried out using the software packages SPSS Statistics 17.0 and Excel 2016.

Significant age differences in the indicators of vegetative regulation were revealed: Basketball players aged 11–12 showed a predominance of sympathetic tone, as evidenced by significantly higher heart rate (80.2 ± 3.4 beats per minute) and vegetative balance index (81.9 ± 19.1 units), as well as reduced SDNN and RMSSD values. This indicates the intense work of regulatory systems and the insufficient maturity of the mechanisms of parasympathetic regulation. The regulation of heart rate in this group is characterized by a sympathicotonic orientation, which reflects the incompleteness of the morphofunctional maturation of the cardiovascular system and its regulatory mechanisms at this age. In the group of adolescent basketball players aged 13–14, there was a marked shift in the vegetative balance towards parasympathetic activity: heart rate was significantly reduced (71.7 ± 2.5 beats per minute) and RMSSD and SDNN indicators were significantly increased. This reflects the development of a more economical mode of operation of the heart. However, the value of the stress index (IN) in this group was 30.6 ± 7.1 CU, which is at the lower limit of the norm and indicates a state of compensated distress, probably associated with cumulative fatigue and insufficient recovery between loads against the background of pubertal restructuring of the body. By the age of 13–14, a more mature and economical type of regulation is formed with a dominant parasympathetic influence, which is a positive sign of fitness. However, low IN values indicate the risk of developing an imbalance due to cumulative training stress and under-recovery. The data obtained emphasize the need for an individual and differentiated approach to planning training loads and organizing rehabilitation activities for young basketball players, taking into account their age characteristics and HRV monitoring data within the framework of medical and biological support.

Keywords: cardiovascular system, HRV, autonomic regulation, regulatory and adaptive mechanisms, adaptation strategy, basketball, young athletes.

References

1. Kulinsky V. I., Olkhovsky I. A. Two adaptation strategies in adverse conditions: resistant and tolerant. The role of hormones and receptors, *Advances in Modern Biology*, **112**, 5-6, 697 (1992).
2. Kolomiets O. I., Petrushkevich N. P., Bykov E. V. Features of Metabolic Adaptive Changes under Various Physical Loads, *Science. Innovations. Technologies*, **1**, 207 (2017).
3. Danilov V. A. *Increasing the Effectiveness of Game Actions in Basketball*: Abstract of the Dissertation for the Degree of Doctor of Pedagogical Sciences, 43 (Moscow, 1996).
4. McInnes S. E., Carlson J. S., Jones C. J., McKenna M. J. The Physiological Load Imposed on Basketball Players During Competition, *Journal of Sports Sciences*, **13**, 5, 387 (1995).
5. Meerson F. Z. *Adaptation of the Heart to High Load and Heart Failure*, 264 (Nauka, 1975).
6. Zimkin N. V. On the General Physiological Characteristics and Methods for Determining Endurance in Athletes, In: *Physiological Characteristics and Methods for Determining Endurance in Sport*, 6 (1972).
7. Acharya U. R., Paul J. K., Kannathal N., Lim C. M., Suri J. S. Heart Rate Variability: A Review, *Medical & Biological Engineering & Computing*, **44**, 1031 (2006).
8. Bykov E. V., Sidorkina E. G., Aksenova N. V. Spectral Characteristics of Heart Rhythm in Football Players with Different Types of Autonomic Regulation, *Modern Problems of Science and Education*, **6**, 14 (2014).
9. Kalinina I. N., Lavrichenko V. V. Criterion Significance of the Adaptation Efficiency Coefficient for Assessing the Dynamic Functional System of Football Players Aged 12-18, *Russian Journal of Sports Science: Medicine, Physiology, Training*, **1**, 1(1), 15 (2022).

10. Makivić B., Nikić M. D., Willis M. S. Heart Rate Variability (HRV) as a Tool for Diagnostic and Monitoring Performance in Sport and Physical Activities, *Journal of Physical Education and Sport*, **16**, 3, 103 (2013).
11. Zamora V., Capdevila L., Lalanza J. F., Caparrós T. Heart Rate Variability and Accelerometry: Workload Control Management in Men's Basketball, *Apunts. Educación Física y Deportes*, **143**, 44 (2021).
12. Jin N., Tian J., Li Y., Mi J. A Validation Study of Heart Rate Variability Index in Monitoring Basketball Training Load, *Frontiers in Physiology*, **13** (2022).
13. Petway A. J., Freitas T. T., Calleja-González J., Leal D. M., Alcaraz P. E. Training Load and Match-Play Demands in Basketball Based on Competition Level: A Systematic Review, *PLoS ONE*, **15** (2020).
14. Sánchez J. M., Romero E. P., Ortís L. C. Heart Rate Variability and Psychophysiological Profiles in High-Performance Team Sports, *Revista de Psicología del Deporte*, **22**, 2, 345 (2013).
15. Mosley E., Laborde S. A Scoping Review of Heart Rate Variability in Sport and Exercise Psychology, *International Review of Sport and Exercise Psychology*, 1 (2022).
16. Shlyk N. I., Zufarova E. I. Standard Indicators of Heart Rate Variability in Subjects Aged 16-21 Years with Different Predominant Types of Autonomic Regulation, *Bulletin of Udmurt University. Series "Biology. Earth Sciences"*, **4**, 96 (2013).
17. Baevsky R. M., Ivanov G. G. Heart Rate Variability: Theoretical Aspects and Possibilities of Clinical Application, *Ultrasonic and Functional Diagnostics*, **3**, 108 (2001).
18. Acharya U. R., Paul J. K., Kannathal N., Lim C. M., Suri J. S. Heart Rate Variability: A Review, *Medical & Biological Engineering & Computing*, **44**, 1031 (2006).
19. Tupitsyn I. O. Development of the Circulatory System, In: *Physiology of Child Development: Theoretical and Applied Aspects*, 148 (2000).
20. Dobrotvorskaya S. G., Zefirov T. L. Ontogenesis of the Autonomic Nervous System: Textbook, *Pechat-Servis XXI vek*, 41 (2015).
21. Lundstrom C. J., Foreman N. A., Biltz G. Practices and Applications of Heart Rate Variability Monitoring in Endurance Athletes, *International Journal of Sports Medicine*, **44**, 1, 9 (2023).
22. Pokrovsky V. M. Formation of Heart Rhythm in Humans and Animals, *Kuban-Kniga*, 144 (2007).
23. Shakhanova A. V., Kuzmin A. A., Belenko I. S. Functional and Adaptive Capabilities of the Cardiorespiratory System as an Indicator of the Health Status of Young Athletes, In: *Actual Problems of Health Protection of Students: Proceedings of the V International Scientific and Practical Conference*, 248 (2008).
24. Shlyk N. I. Heart Rhythm and Type of Regulation in Children, Adolescents and Athletes: Monograph, *Udmurt University*, 255 (2009).
25. Gavrilova E. A. *Sport Stress Variability*: Monograph, 168 (Moscow, Sport, 2015).
26. Trifonova T. A., Mishchenko N. V., Klimov I. A. *Assessment of the Adaptive State of Students*, 94 (Vladimir, Arkaim, 2016).
27. Shlyk N. I. *Heart Rate Variability and Methods of Its Determination in Athletes During the Training Process*, 93 (Udmurt University, 2022).
28. Davis J. K., Oikawa S. Y., Halson S., Stephens J., O'riordan S., Luhrs K., Sopena B., Baker L. B. In-Season Nutrition Strategies and Recovery Modalities to Enhance Recovery for Basketball Players: A Narrative Review, *Sports Medicine*, **52**, 971 (2022).
29. Babunts I. V., Miridzhanyan E. M., Mshaekh Yu. A. *The ABC of Heart Rate Variability*, 112 (Stavropol, 2002).
30. Ernst G. Heart-Rate Variability-More Than Heart Beats?, *Frontiers in Public Health*, **5** (2017).
31. Zhogoleva O. A., Dorokhov E. V., Agadzhanyan N. A. A Systematic Approach to Assessing the Health of Students, In: *Scientific Works of the II Congress of Physiologists of the CIS*, 210 (2008).
32. Al Haddad H., Laursen P. B., Ahmaidi D. G., Buchheit S. Reliability of Resting and Postexercise Heart Rate Measures, *International Journal of Sports Medicine*, **32**, 8, 598 (2011).
33. Shakhanova A. V., Koble Y. K., Grechishkina S. S. Features of Adaptation of the Cardiovascular System in Athletes of Different Sports According to Heart Rate Variability Data, *Bulletin of the Adyge State University. Series 4: Natural-Mathematical and Technical Sciences*, **1**, 105 (2010).
34. Abalyan A. G., Kryuchkov A. S., Myakinchenko E. B. [et al.]. *Experience in Organizing Complex Pedagogical Control in the Scientific and Methodological Support of Training Highly Qualified Athletes: Collective Monograph*, 208 (VNIIFK, 2023).