

СПЕКТРАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ РИТМА СЕРДЦА У ФУТБОЛИСТОВ С РАЗЛИЧНЫМ ТИПОМ ВЕГЕТАТИВНОЙ РЕГУЛЯЦИИ

Быков Е.В.¹, Сидоркина Е.Г.¹, Аксенова Н.В.¹

¹ФБГОУ ВПО «Уральский государственный университет физической культуры», Челябинск, e-mail: bev58@yandex.ru

Проведено изучение характеристик медленноволновой variability ритма сердца юных футболистов в состоянии покоя и при пробе активного ортостаза, а также выявлена их связь с характеристиками функционального состояния и адаптационного потенциала. Было выделено 3 группы в зависимости от исходного тонуса вегетативной нервной системы. Футболисты с преобладанием высокочастотных колебаний имели наиболее высокий уровень функционального состояния. Проба активного ортостаза приводила к нивелированию различий спектральных характеристик. Футболисты всех групп имели избыточную вегетативную реактивность с высокой долей низкочастотных колебаний. Наличие у футболистов в состоянии покоя симпатикотонии, либо преобладание активности надсегментарных структур вегетативной нервной системы в сочетании с избыточной вегетативной реактивностью мы расцениваем как предпатологическое состояние, требующее коррекции учебно-тренировочного процесса.

Ключевые слова: адаптация, ритм сердца, вегетативная регуляция, спектральный анализ, вегетативная реактивность, юные футболисты.

SPECTRAL CHARACTERISTICS OF HEART RATE OF FOOTBALL PLAYERS IN A DIFFERENT TYPE OF VEGETATIVE REGULATION

Bykov E.V.¹, Sidorkina E.G.¹, Aksenova N.V.¹

¹Ural State University of Physical Culture, Chelyabinsk, e-mail: bev58@yandex.ru

The study of the characteristics of slow heart rate variability in young football players at rest and during active orthostasis sample and identified their relation with the characteristics of functional condition and adaptive capacity. We have identified 3 groups according to the original tone of the autonomic nervous system. Young football players with a predominance of high-frequency oscillations had the highest level of functional state. Sample active orthostasis resulted in a leveling of differences of spectral characteristics. Young football players of all groups were overweight autonomic reactivity with a high proportion of low-frequency oscillations. We regard as prepathological condition requiring correction of the training process, the presence of the young football players in the rest sympathicotonia or suprasedgmental structures predominance of activity of the autonomic nervous system in conjunction with an excess of autonomic reactivity.

Keywords: adaptation, heart rate, autonomic regulation, spectrum analysis, autonomic reactivity, young football players.

Футбол является одним из массовых видов спорта в нашей стране, чем объясняется бесспорное лидерство по числу занимающихся футболом детей и подростков. Тренировочный процесс юных спортсменов на современном этапе характеризуется увеличением физических и психоэмоциональных нагрузок, которые при наличии отклонений в состоянии здоровья могут привести к снижению адаптационных возможностей и спортивных результатов, что, несомненно, требует тщательного медицинского контроля [3]. В настоящее время значительно увеличилось количество научных работ, которые посвящены изучению функциональных, адаптационных резервов организма юных спортсменов, в частности, занимающихся футболом [1, 8]. Известно, что среди составляющих успеха в футболе особое место занимает высокая игровая активность. Вероятно, это связано с высокой физической подготовленностью и ее оптимальной структурой повышающей

устойчивость к утомлению и уменьшению его отрицательного влияния на эффективность выполнения технических приемов [12]. Исследователи рекомендуют выделять три основных составляющих успеха футболиста: физиологические возможности, техническую оснащенность и мастерство строить и реализовывать тактическую модель матч [6, с. 91]; при игре в футбол задействованы в различной степени все три главных способа энергообеспечения – аэробный, анаэробный алактатный и анаэробный лактатный механизмы [6, с.14]. Однако, как показал анализ доступной литературы, практически не изучены особенности адаптационных процессов у футболистов с учетом различий в их вегетативном статусе. В то же время, значительная роль в адаптации к нагрузкам у футболистов принадлежит вегетативной нервной системе, обеспечивающей максимально эффективное, адекватное запросу работающих органов функционирование сердца и сосудов [5], поэтому большой интерес имеет изучение показателей variability сердечного ритма (BPC). Они тесно связаны с функциональным состоянием спортсмена, а также отражают текущий уровень активности регуляторных систем, особенно при использовании функциональных проб, которые могут служить для выявления ранних и скрытых изменений функционального состояния сердечно-сосудистой системы [2, 4, 7, 10].

Цель исследования: провести сравнительный анализ спектральных характеристик ритма сердца у юных футболистов с различным исходным вегетативным тонусом и определить их взаимосвязь с функциональным состоянием при долговременной адаптации к физическим нагрузкам.

Материалы и методы. Исследования проведены на базе научной лаборатории кафедры спортивной медицины и физической реабилитации Уральского государственного университета физической культуры (г. Челябинск). В исследованиях принимали участие юные футболисты 15–17 лет (n=26), тренирующиеся более 5 лет. Оценка спектральных характеристик ритма сердца (PC) осуществлялась с помощью прибора «Варикард 2.51», проводилось 2 пробы – в положении лежа и в положении стоя (проба активного ортостаза, АОП). Определялись общая мощность спектра и мощность спектра в четырех диапазонах (ультранизких частот UVFL, очень низких частот VFL, низких частот LF и высоких частот HF), а также относительная мощность колебаний. Выделено 3 группы спортсменов: с преобладанием в исходном положении активности парасимпатического отдела вегетативной нервной системы (BHC) (преобладание HF-колебаний, 1-я группа, n=10), симпатического отдела (преобладание LF-колебаний, 2-я группа, n=12), надсегментарного уровня регуляции и гуморально-метаболических факторов (преобладание VFL-колебаний, 3-я группа, n=4).

Результаты и их обсуждение.

Влияние активности уровней регуляции на хронотропную функцию сердца в положении лежа в группах сравнения очевидно: в 1-й и 2-й группах его величины имели явную тенденцию к снижению (66,62 и 66,49 уд/мин соответственно), в 3-й группе ЧСС характеризовалось величинами, свойственными нетренированным лицам (72,5 уд/мин) (таблица).

Спектральные характеристики ритма сердца у футболистов с различным исходным вегетативным тонусом (M±m)

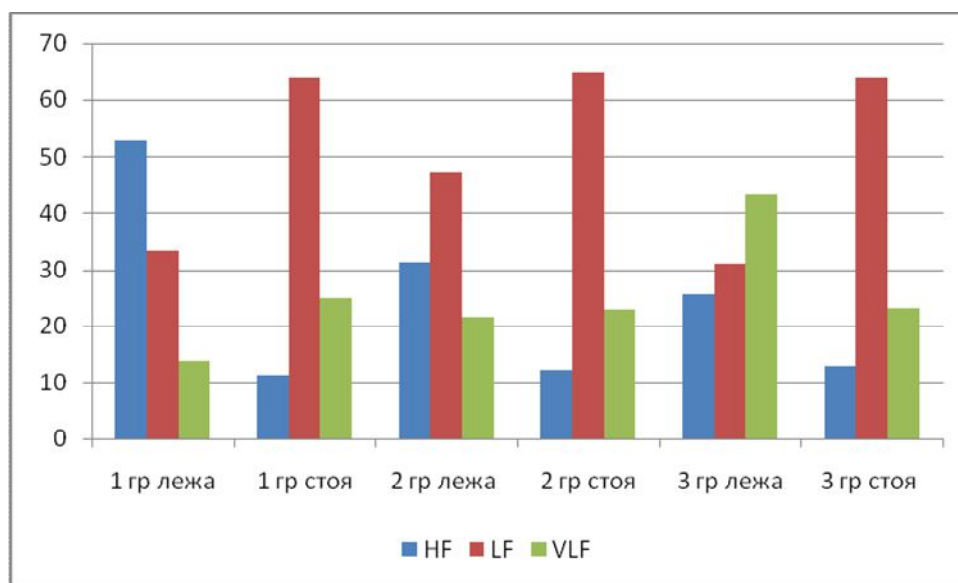
Показатель	Положение	HF	LF	VLF
ЧСС (уд/мин)	лежа	66,62±3,05	66,49±2,93	72,50±3,75
	стоя	95,21±2,86	92,92±3,18	91,48±2,50
	p	<0,001	<0,001	>0,001
TP (мс ²)	лежа	5069,27±708,46	4364,67±675,45	4304,27±722,22
	стоя	4056,66±692,79	2456,28±521,30x	1993,29±433,23+++
	p	>0,05	<0,05	<0,05
HF (мс ²)	лежа	2374,85±325,87	1333,64±250,26x	905,93±213,81+++
	стоя	382,32±88,20	340,00±79,45y	139,81±48,19+
	p	<0,001	<0,001	<0,01
LF (мс ²)	лежа	1473,06±222,45	1952,16±243,73y	1160,59±253,71
	стоя	2253,56±296,99	1384,80±207,30xx	987,95±89,86+++
	p	<0,05	>0,05	>0,05
VLF (мс ²)	лежа	652,10±113,15	672,67±126,53yy	1728,58±294,92++
	стоя	716,16±124,85	462,01±79,43	389,08±67,04+
	p	>0,05	>0,05	<0,001
ULF (мс ²)	лежа	599,23±106,14	405,91±78,39	509,16±84,78
	стоя	707,31±109,13	568,75±84,37	402,45±81,10+
	p	>0,05	>0,05	>0,05
LH/HF (усл.ед.)	лежа	0,66±0,09	1,58±0,18xx	1,25±0,20+
	стоя	7,50±1,29	6,98±1,18	5,70±1,03
	p	<0,001	<0,01	<0,01
IC (усл. ед.)	лежа	0,94±0,10	2,36±0,24xxx	3,06±0,75++
	стоя	8,65±1,73	7,79±1,79	7,43±2,41
	p	<0,001	<0,001	>0,05

Примечание: x - достоверность различий между группами HF и LF при p<0,05, xxx – при <0,001; + - достоверность различий между группами HF и VLF, +++ - при p<0,001; y - достоверность различий между группами LF и VLF при p<0,05.

В исходном положении общая мощность спектра была наибольшей в первой группе, но при этом имело место различие в диапазонах спектра. Так, мощность высокочастотных колебаний была существенно выше у представителей 1-й группы: 2374,85 мс² против 1333,64 мс² во 2-й группе (p<0,05) и 905,93 мс² (p<0,001).

Относительная мощность ВЧ-колебаний в 1-й группе (52,84±2,76%) также существенно превышала их значения в группах сравнения (соответственно 31,32±1,82% и 25,70±5,20% во 2-й и 3-й группе) (рисунок). В этой связи у них достоверно ниже и такие расчетные показатели, как вагосимпатический индекс (LF/HF): 0,66 усл. ед. против 1,58 и

1,25 усл. ед ($p < 0,05-0,01$), а также индекс централизации ($IC = (LF + VLF) / HF$) – 0,94 против 2,36 и 3,06 усл. ед. ($p < 0,05-0,01$). Эти показатели отражают преобладание в регуляции ритма сердца у футболистов 1-й группы парасимпатического отдела вегетативной нервной системы, свойственной спортсменам, развивающим качество выносливости.



Относительная мощность колебаний ритма сердца (в %) в диапазонах спектра.

В литературе приводятся данные об особенностях подготовки футболистов с указанием на то, что в силу достаточно большой продолжительности футбольного матча, по меньшей мере 90% энергии производится аэробным путем. Известно, что полевого игрока преодолевает в течение матча равному 90 минут, дистанцию в среднем от 8 до 12 км, а голкипер, около 3-4 км [11, 13]. Исследования изменений основных физиологических функций у футболистов высокой квалификации показали, что 60-80% во время игры они работают в режиме 80-100% от величины МПК, что предъявляет повышенные запросы к аэробным возможностям футболистов. У футболистов-юниоров могут отмечаться достаточно высокие относительные цифры МПК в расчете на килограмм веса, сопоставимые со взрослыми игроками. Это может быть связано с особенностями физиологии растущего организма, когда недостаточно высока масса скелета, жировой клетчатки и других тканей, формирующих вес тела, но активно не участвующих в метаболизме [9, с. 32].

Однако, во 2-й и в 3-й группе в регуляции ритма сердца преобладают другие факторы регуляции. В частности, во 2-й группе основное влияние на РС оказывал симпатической отдел ВНС (47%), а в 3-й группе – надсегментарного уровня (43,2%). При этом увеличение степени «централизации» управления с ростом VLF-колебаний (как абсолютных, так и относительных его величин), что нами наблюдалось в 3-й группе, расценивается как напряжение адаптационных механизмов [10].

Переход в вертикальное положение привел к достоверно выраженному снижению ОМС во 2-й и 3-й группах, что также сопровождалось однонаправленными изменениями в диапазоне высоких частот во всех группах. В то же время, в других диапазонах спектра динамика была разнонаправленной. Так, в 1-й группе значительно возросла мощность низкочастотных колебаний и их доля (симпатикотония, избыточная вегетативная реактивность). Во 2-й группе снижалась мощность НЧ-колебаний, но их доля увеличилась в 1,5 раза (до 64,8%, что сопоставимо с 1-й и 3-й группами – 63,82% и 63,95%). В 3-й группе наиболее значимые изменения наблюдались в VLF-диапазоне спектра – как абсолютной, так и относительной их мощности (составили от 22,98% до 24,83%). В итоге при вертикальном положении мы наблюдали различия в показателях мощности колебаний в группах сравнения, но относительная мощность колебаний была практически одинаковой.

Заключение.

Сложность тренировочного процесса футболистов объясняется тем, что во время игры задействованы три способа энергообеспечения – аэробный, анаэробный алактатный и анаэробный лактатный механизмы [5]. В то же время, в силу достаточно большой продолжительности футбольного матча, по меньшей мере 90% энергии производится аэробным путем. Известно, что полевой игрок преодолевает в течение матча равную 90 минут, дистанцию в среднем от 8 до 12 км, а голкипер, около 3-4 км [11, 13]. Работа на выносливость, т.е. аэробная работа, зависит от нескольких важных составляющих, в частности максимальное потребление кислорода и анаэробный порог. Адаптированные физические нагрузки к тренировочному процессу позволяют повысить максимальное потребление кислорода у футболистов более чем на 10%, что сопровождается увеличением времени контроля мяча на 23% и повышением количества спринтерских рывков на 100%. Все вышеперечисленное свидетельствует о преимуществе футболистов с высоким МПК [9, с. 32].

Учитывая взаимосвязь таких спектральных характеристик, как общая мощность спектра, абсолютная и относительная мощность спектра в высокочастотном диапазоне с развитием качества выносливости, можно сделать заключение о более высоком уровне функционального состояния футболистов первой группы. С другой стороны, проведение активной ортостатической пробы в определенной мере нивелировало различия показателей медленноволновой вариабельности ритма сердца, выявленные в состоянии покоя. Так, следует отметить высокую долю низкочастотных колебаний у спортсменов всех групп сравнения, что отражает выраженную симпатикотоническую реакцию на пробу активного ортостаза и сопровождалось существенным возрастанием частоты сердечных сокращений (от 35% до 45%).

Можно полагать, что такая избыточная вегетативная реактивность является проявлением особенностей адаптации юных футболистов к специфике вида спорта и, возможно, возрастным фактором – несовершенством механизмов регуляции. В этой связи нами было запланировано проведение исследований, отражающих другие стороны адаптации к нагрузкам, в частности, статокINETической устойчивости, психофизиологических показателей. При экспресс-оценке с помощью аппарата РОФЭС мы установили, что показатель «Адаптационный потенциал» был наибольшим у представителей 1-й группы ($82,60 \pm 3,74\%$; $76,85 \pm 5,43\%$ и $74,50 \pm 7,50\%$ соответственно во 2-й и 3-й группах).

Наличие у футболистов в состоянии покоя симпатикотонии, либо преобладание активности надсегментарных структур ВНС в сочетании с избыточной вегетативной реактивностью мы расцениваем как предпатологическое состояние, требующее коррекции учебно-тренировочного процесса.

Список литературы

1. Ашмарин Д.В. Возрастная динамика развития респираторной системы футболистов 13–16 лет // *Фундаментальные исследования*. – 2013. – № 4-1. – С. 95-98.
2. Быков Е.В., Кайкан С.М. Особенности регуляции деятельности сердечно-сосудистой системы юных спортсменов с различными типами кровообращения // *Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Образование, здравоохранение, физическая культура*. – 2010. – № 6 (182). – С. 25–27.
3. Быков Е. В. Мониторинг психофизиологического и физического развития учащихся-участников интеллектуально-игрового всеобуча / Е.В. Быков, С.В. Маценко, К.А. Кашицина и др. // *Вестник Новосибирского государственного педагогического университета*. – 2014. – № 1. – С. 19–32.
4. Воронов Н.А. Особенности регуляции сердечного ритма при активизации тренировочного процесса у юных волейболисток // *Вестник Челябинского государственного педагогического университета*. – 2009. – № 10. – С. 304–311.
5. Макаров Ю.М., Поварещенкова Ю.А., Пазушко В.И. Вариабельность сердечного ритма у спортсменов-представителей игровых видов спорта // *Лечебная физкультура и спортивная медицина*. – 2013. – № 2. – С. 15–19.
6. Орджоникидзе З.Г., Павлов В.И. Физиология футбола. – М.: Человек: Олимпия, 2008 . – 239 с.

7. Оценка переходных процессов гемодинамики спортсменов при ортопробе на основании анализа спектральных характеристик / А.А. Плетнев, Е.В. Быков, Н.Г. Зинурова, А.В. Чипышев // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 1. – С. 320.
8. Соломко Т.Н. Возрастные особенности адаптации сердечно-сосудистой системы к физическим нагрузкам у футболистов 9–16 лет с разным типом кровообращения // Южно-Уральского государственного университета. Серия Образование, здравоохранение, физическая культура. – 2008. – № 19. – С. 122–126.
9. Теория и методика футбола : учебник / под общ. ред. В. П. Губы, А. В. Лексакова . – М. : Советский спорт, 2013 . – 535 с.
10. Шлык Н. И. Специфика ортостатической реакции у спортсменов с разными преобладающими типами вегетативной регуляции по данным анализа variability сердечного ритма // Физкультура в профилактике, лечении и реабилитации. – 2011. – №1-2. – С. 13–25.
11. Henschen S. Skilanglauf und Skiwetttlauf: Eine medizinische Sport Studie // Mitt. Med. Klein. – Uppsala, 1999. V. 2. – P. 15.
12. Tumilty D. Protocols for the Physiological assessment of male and female soccer players // In Physiological Tests for Elite Athletes. – Human Kinetics. 2000. – №17. – P. 356–362.
13. 36th Bethesda Conference Eligibility Recommendations for Competitive Athletes With Cardiovascular Abnormalities // Journal of the American College of Cardiology. – 2005. –V.45. – № 8. – P.3.

Рецензенты:

Елисеев Е.В., д.б.н., профессор, зав. кафедры физического воспитания и спорта, ФГБОУ ВПО «Челябинский государственный университет», г. Челябинск;
Байгужин П.А., д.б.н., доцент кафедры анатомии, физиологии человека и животных, ФГБОУ ВПО «Челябинский государственный педагогический университет», г. Челябинск.