

ОСОБЕННОСТИ ВЕГЕТАТИВНОЙ РЕГУЛЯЦИИ ФУТБОЛИСТОВ ПРИ ПОДДЕРЖАНИИ ПОСТУРАЛЬНОГО БАЛАНСА В СТАТИЧЕСКИХ И ДИНАМИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

Тишутин Николай Алексеевич, аспирант, Белорусский государственный университет физической культуры (БГУФК), г. Минск, Республика Беларусь

Аннотация. В статье выявлены особенности текущей вегетативной регуляции сердечного ритма при поддержании постурального баланса в статических и динамических условиях у футболистов с различными типами вегетативной регуляции. Футболисты, имеющие нормотонический и ваготонический типы регуляции при поддержании поз как в статических, так и динамических условиях, характеризуются более оптимальными с позиции экономизации соотношениями активности симпатического и парасимпатического отделов вегетативной нервной системы. Полученные данные могут быть использованы при разработке методик, направленных на повышение эффективности поддержания позы как в статических, так и в динамических условиях.

Ключевые слова: вегетативная регуляция сердечного ритма, типы вегетативной регуляции, постуральный баланс, футболисты.

FEATURES OF AUTONOMIC REGULATION OF FOOTBALL PLAYERS WHILE MAINTAINING POSTURAL BALANCE IN STATIC AND DYNAMIC CONDITIONS

Tishutin N. A., graduate student, Belarusian State University of Physical Culture (BSUFC), Minsk, Republic of Belarus

Annotation. The article reveals the features of the current vegetative regulation of the heart rate while maintaining postural balance in static and dynamic conditions in football players with different types of vegetative regulation. Football players with normotonic and vagotonic types of regulation while maintaining postures both in static and dynamic conditions are characterized by more optimal ratios of activity of the sympathetic and parasympathetic divisions of the autonomic nervous system from the standpoint of economization. The data obtained can be used in the development of techniques aimed at improving the efficiency of posture maintenance both in static and dynamic conditions.

Key words: vegetative regulation of heart rate, types of vegetative regulation, postural balance, football players.

Спортивная деятельность футболистов характеризуется большим разнообразием двигательных действий, основой для которых является поддержание поз в статических и динамических условиях [7]. Для выполнения любого двигательного действия важным регуляторным механизмом является вегетативная регуляция. Она обеспечивает реализацию трофотропной и эрготропной функций, которые необходимы для деятельности мышц и органов и задействуются при решении двигательных задач, включая поддержание постурального баланса (ПБ) в различных положениях.

Имеются сведения, что для оптимального функционирования организма в условиях выполнения двигательных задач, а также достижения высокого спортивного результата, в том числе и у футболистов, необходима тесная системная связь ментальных, моторных и вегетативных функций [4]. В свою очередь, особенности вегетативной регуляции различаются в зависимости от предъявляемой двигательной нагрузки. Вегетативная регуляция в настоящее время наиболее активно изучается с использованием методов вариабельности сердечного ритма (ВСР) [6], следовательно, вполне правомерно говорить об исследовании особенностей вегетативной регуляции сердечного ритма (ВРСР).

Известно, что с ростом интенсивности выполняемой нагрузки растут и энергетические запросы, которые регулируются вегетативной нервной системой. Вместе с этим, особенности текущей ВРСР связаны не только с выполняемой деятельностью, но и во многом обусловлены исходным типом вегетативной регуляции [3]. В этой связи, актуальными являются исследования, связанные с выявлением различий в текущей ВРСР у футболистов в зависимости от исходного типа вегетативной регуляции при поддержании поз в статических и динамических условиях.

Цель исследования — выявление особенностей текущей вегетативной регуляции сердечного ритма у футболистов с различными типами вегетативной регуляции при поддержании пострального баланса в статических и динамических условиях.

Материалы и методы. Для достижения цели исследования обследованы 100 действующих спортсменов-футболистов (17–20 лет), имеющие I или II спортивный разряд со стажем занятий футболом более 10 лет. Исследования проводились в соревновательный период подготовки в промежуток времени с 9.00 до 11.00.

Статические и динамические условия поддержания позы обеспечивались проведением тестов на стабилотренинге. Статические условия включали поддержание двухопорной (55 секунд) и одноопорной стойки (55 секунд). Одноопорная стойка (ОС) поддерживалась сперва на доминирующей, а затем на недоминирующей ногах. Динамические условия поддержания ПБ были реализованы через проведение динамического теста (ДТ), который предполагал сбор меток-мишеней на экране монитора посредством перемещений центра давления (60 секунд). Данные тесты проводились на стабилотренинговой платформе «ST-150» (ООО Мера-ТСП, г. Москва).

Синхронно с поддержанием ПБ производилась регистрация показателей ВРСР, которые позволили дать характеристику особенностям текущей вегетативной регуляции. Поскольку ранее было показано [5], что у футболистов отсутствуют достоверные различия между значениями показателей ВРСР при поддержании ПБ в одноопорных стойках на доминирующей и недоминирующей ногах, то для характеристики вегетативной регуляции ритма сердца в ОС взяты медианные значения для обеих ног.

Перед проведением стабилотренинговых тестов зафиксированы исходные показатели вариабельности сердечного ритма в положении лёжа (200 кардиоинтервалов). Для регистрации показателей ВРСР применялся электрокардиограф «Полиспектр-8» фирмы «Нейрософт» (г. Иваново, Российская Федерация). На основании исходных значений показателей ВРСР все исследуемые футболисты разделены на группы по типу ВРСР. Разделение осуществлялось с использованием классификации Р. М. Баевского [1], в которой на основании значений индекса напряжения (ИН) выделяются три типа вегетативной регуляции: ваготония ($ИН \leq 50$ у. е.), нормотония ($50 \leq ИН \leq 200$ у. е.), симпатикотония ($ИН \geq 200$ у. е.).

Для выявления особенностей ВРСР у выделенных групп футболистов применялись следующие показатели: ЧСС — частота сердечных сокращений (уд/мин), АМо — амплитуда моды (%), ИН — индекс напряжения (у.е.), RMSSD — квадратный корень из суммы разностей ряда последовательных пар кардиоинтервалов (мс), TP — суммарная мощность спектра ВРСР (мс²), LF norm. п. у. — относительный вклад низкочастотной компоненты в общую мощность, HF norm. п. у. — относительный вклад высокочастотной компоненты в общую мощность ВРСР.

Для статистической обработки полученных результатов использовался пакет программ Statistica 12. Полученные данные представлены в виде медианы (Me) и интерквартильного размаха (25 %, 75 %). Достоверность различий между выделенными по типу ВРСР группами определялась по U-критерию Манна-Уитни. Внутригрупповые различия между значениями показателей ВРСР в различных условиях поддержания ПБ оценивались с использованием W-критерия Уилкоксона. Статистически значимыми считались различия при $p < 0,05$.

Результаты и обсуждение. При разделении обследованных футболистов на группы по исходным типам ВРСР наиболее представленными оказались ваготонический и нормотонический типы, к которым отнесены 45 % и 41 % футболистов соответственно. Наименьшее количество футболистов отнесены в группу с симпатикотоническим типом вегетативной регуляции — 14 %.

Различные условия поддержания ПБ у футболистов в зависимости от типа вегетативной регуляции характеризуются особенностями текущей ВСР (таблица 1). Так, в группе футболистов с симпатикотоническим типом ВРСР частота сердечных сокращений при поддержании ПБ в динамических условиях и ОС была соответственно выше на 14 % ($p < 0,05$) и 14 % по сравнению с таковой в двухопорной стойке. Значения показателя АМо в данной группе футболистов при поддержании позы в динамических условиях были ниже на 6% и 22 % ($p < 0,05$) по сравнению с таковыми в двухопорной и одноопорной стойках соответственно. Значения показателя ИН не имели достоверных различий в зависимости от условий поддержания ПБ, однако, в ОС его значения были выше на 15 % и 18 %, чем в двухопорной стойке и при выполнении ДТ. Маркер активности парасимпатической нервной системы RMSSD в двухопорной стойке характеризовался значениями, превышающими таковые в ДТ и ОС на 50 % и 100 % ($p < 0,05$) соответственно. Показатели спектрального анализа сердечного ритма у футболистов с симпатикотоническим типом ВРСР достоверно не различались в трёх условиях поддержания позы, однако их медианные значения имели некоторую тенденцию. Вклад низкочастотных волн LF norm характеризовался повышением от двухопорной стойки к динамическому тесту и ОС, а вклад волн HF norm, напротив, был наименьшим в ОС и наиболее высоким при поддержании постурального баланса в двухопорной стойке.

В группе футболистов с нормотоническим типом ВРСР наблюдаются схожие соотношения значений показателей ВСР в различных условиях поддержания ПБ, что и в группе с симпатикотоническим типом. Так, показатели ЧСС, АМо и ИН, характеризуясь наименьшими значениями при поддержании ПБ в двухопорной стойке, достоверно увеличивались в динамическом тесте и ОС. Значения показателя ИН при выполнении ДТ и поддержании ПБ в одноопорной стойке были выше на 100 % ($p < 0,05$) и 173 % ($p < 0,05$) соответственно по сравнению с таковыми в двухопорной стойке. Напротив, значения RMSSD характеризовались снижением при выполнении динамического теста и поддержании постурального баланса в ОС по сравнению с двухопорной стойкой. Показатели спектрального анализа сердечного ритма у футболистов с нормотоническим типом ВРСР демонстрируют снижение вклада высокочастотных волн и повышение низкочастотных в условиях с поддержанием позы в ДТ и ОС по сравнению с двухопорной стойкой, однако значительных различий не выявлено. Также отмечается отсутствие достоверных различий между значениями рассматриваемых показателей ВСР при поддержании позы в ОС и динамическом тесте у футболистов с нормотоническим типом регуляции.

Футболисты с ваготоническим типом ВРСР характеризовались наиболее выраженными различиями между значениями показателей ВСР, зафиксированных при поддержании ПБ в различных условиях, однако, общая тенденция схожа с футболистами двух других типов регуляции. Значения показателей ЧСС и ИН были достоверно выше при поддержании ПБ в динамическом тесте и ОС по сравнению с таковыми в двухопорной стойке. Показатель RMSSD, напротив, в двухопорной стойке был выше на 66 % ($p < 0,05$) и 76% ($p < 0,05$) соответственно по сравнению с динамическим тестом и одноопорной стойкой. Вклад LF norm п.и. волн в модуляцию сердечного ритма был ниже на 6% и 15 % при поддержании ПБ в динамическом тесте и ОС соответственно по сравнению с таковым в двухопорной стойке. Напротив, вклад высокочастотных волн в двухопорной стойке был выше на 12 % и 41 % по сравнению таковыми при выполнении ДТ и поддержании ПБ в одноопорной стойке. Однако по значениям LF norm п.и. и HF norm п.и. не было выявлено статистически значимых различий в зависимости от условий поддержания постурального баланса.

Таблица 1

Показатели вариабельности сердечного ритма при поддержании постурального баланса в статических и динамических условиях у футболистов с различными типами вегетативной регуляции

Показатель	Симпатикотония (n = 14)	Нормотония (n = 41)	Ваготония (n = 45)
	двухопорная стойка		
ЧСС, уд/мин	92*& [88; 102]	77●& [73; 85]	68#& [60; 79]
АМо, %	63* [57; 75]	38●& [35; 42]	29# [24; 37]
ИН, у. е.	240* [221; 627]	95●& [70; 139]	47#& [30; 89]
RMSSD, мс	18* [11; 21]	34● [23; 42]	58#& [35; 80]
TP, мс ²	1109* [808; 1373]	2848● [2111; 4309]	5674#& [2682; 10101]
LF norm, п. у.	72 [65; 78]	75● [67; 83]	62# [44; 73]
HF norm, п. у.	28 [22; 35]	25● [17; 33]	38# [27; 56]
динамический тест			
ЧСС, уд/мин	105* [100; 114]	84● [79; 101]	78# [71; 89]
АМо, %	59*@ [55; 60]	48● [35; 57]	36# [29; 44]
ИН, у. е.	437* [311; 593]	190● [87; 303]	90# [66; 182]
RMSSD, мс	12* [8; 14]	22● [16; 43]	35#@ [24; 50]
TP, мс ²	1317* [964; 2164]	2278● [1298; 4366]	3588# [2271; 5472]
LF norm, п. у.	74 [67; 86]	77 [65; 84]	66 [56; 79]
HF norm, п. у.	26 [14; 33]	23 [16; 35]	34 [21; 44]
одноопорная стойка			
ЧСС, уд/мин	105* [98; 113]	87●^ [82; 97]	77#^ [73; 84]
АМо, %	76* [61; 87]	52●^ [39; 65]	41#^ [33; 50]
ИН, у. е.	670* [411; 939]	259●^ [146; 426]	123#^ [81; 201]
RMSSD, мс	9^ [7; 13]	20● [12; 35]	33#^ [26; 50]
TP, мс ²	801 [494; 1586]	1483●^ [905; 2770]	2506# [1453; 4200]
LF norm, п. у.	79 [72; 85]	79 [62; 88]	73# [65; 82]
HF norm, п. у.	21 [16; 28]	21 [12; 38]	27# [18; 35]

Примечание: * — достоверность различий между значениями показателей вариабельности сердечного ритма у групп с симпатикотоническим и нормотоническим типами регуляции ($p < 0,05$);

— достоверность различий между значениями показателей вариабельности сердечного ритма у групп с симпатикотоническим и ваготоническим типами регуляции ($p < 0,05$);

● — достоверность различий между значениями показателей вариабельности сердечного ритма у групп с нормотоническим и ваготоническим типами регуляции ($p < 0,05$);

& — достоверность внутригрупповых различий между значениями показателей в двухопорной стойке и динамическом тесте ($p < 0,05$);

^ — достоверность внутригрупповых различий между значениями показателей в двухопорной и одноопорной стойках ($p < 0,05$);

@ — достоверность внутригрупповых различий между значениями показателей в одноопорной стойке и динамическом тесте ($p < 0,05$).

Футболисты с различными типами ВРСР характеризовались наличием достоверных межгрупповых различий в значениях показателей ВСР, сопровождающих поддержание ПБ во всех трёх рассматриваемых условиях. В двухопорной стойке значения показателей ЧСС, АМо и ИН были достоверно более высокими у футболистов с симпатикотоническим типом регуляции. Напротив, у футболистов с ваготоническим типом ВРСР значения этих показателей имели наиболее низкие значения среди трёх групп. Значения показателя RMSSD у футболистов с ваготонией в регуляции были ниже на 71 % ($p < 0,05$) и 222 % ($p < 0,05$) по сравнению с группами, характеризующимися нормотонией и симпатикотонией в регуляции ритмом сердца, соответственно. Общая мощность вегетативной регуляции, которую отражают значения показателя TP, была выше у футболистов с ваготоническим типом регуляции на 99 % ($p < 0,05$) и 412 % ($p < 0,05$) соответственно по сравнению с футболистами с нормотоническим и симпатикотоническим типами. При поддержании ПБ в двухопорной стойке низкочастотные волны имели наибольший процентный вклад во всех трёх группах, однако у футболистов с ваготонией в регуляции этот вклад был наименьшим. Напротив, высокочастотные волны имели значимо более высокий вклад в общую вегетативную регуляцию у футболистов с исходным симпатикотоническим типом регуляции по сравнению с двумя другими типами.

Поддержание позы в условиях выполнения ДТ, а также в одноопорной стойке, сопровождалось схожими соотношениями значений показателей ВСР у футболистов с различными типами ВРСР, что и в стойке на двух ногах. Наиболее высокие значения показателей ЧСС, АМо и ИН имели футболисты с симпатикотоническим типом вегетативной регуляции, а наиболее низкие – с ваготоническим типом. Напротив, значения RMSSD, Total, HF norm были более высокими у футболистов с ваготоническим типом регуляции. Футболисты с нормотоническим типом ВРСР в трёх исследуемых условиях поддержания ПБ характеризовались промежуточными (средними) значениями показателей ВСР между группами с ваготоническим и нормотоническим типами регуляции.

Таким образом, у обследованных футболистов с различными исходными типами вегетативной регуляции отмечается наличие особенностей текущей вегетативной регуляции сердечного ритма, которая сопровождает поддержание ПБ в статических и динамических условиях. С ростом сложности постральных условий, которые выражались в динамических условиях поддержания позы, а также в уменьшении площади опоры и поддержании одноопорной стойки, наблюдается повышение централизации в управлении ритмом сердца, более высокая активность симпатического отдела ВНС, а также снижение активности парасимпатической нервной системы во всех трёх группах футболистов по типу ВРСР. Эти данные согласуются с теми, которые представлены Р.М. Баевским и соавт. (2011), о том, что при выполнении различного вида нагрузок, требуется вовлечение центрального контура управления сердечным ритмом, снижение влияния дыхательного компонента синусовой аритмии, а также повышение её недыхательного компонента [2].

Несмотря на однонаправленные изменения значений показателей ВСР у трёх рассматриваемых групп футболистов, отмечается наличие межгрупповых различий по показателям ВСР, причём, как в статических, так и динамических условиях поддержания ПБ. Футболисты с симпатикотоническим типом ВРСР характеризовались наибольшей активностью центрального контура управления ритмом сердца, а также симпатического отдела вегетативной нервной системы по сравнению таковой у футболистов с нормотоническим и ваготоническим типами регуляции. Напротив, футболисты, характеризующиеся в исходном состоянии ваготонией в регуляции, демонстрировали наибольшую активность парасимпатической нервной системы и автономного контура, которые сопровождали поддержание поз в статических и динамических условиях. Футболисты с исходным нормотоническим типом ВРСР при поддержании ПБ в различных условиях характеризовались большей активностью симпатической нервной системы, чем футболисты с ваготоническим типом регуляции, однако меньшей, по сравнению с теми, которые имели симпатикотонический тип. То есть, с позиции экономизации, футболисты с исходными ваготоническим и нормотоническим типами регуляции, демонстрируют более оптимальную текущую вегетативную регуляцию, которая сопровождает поддержание ПБ в статических и динамических условиях.

Такая направленность изменений ВРСР, вероятнее всего, позволяет обеспечивать футболистам оптимальное функционирование механизмов поддержания ПБ в усложнённых условиях. Например, для обеспечения перемещений ЦД у футболистов при поддержании ПБ в динамических условиях необходим более высокий уровень энергетического обеспечения по сравнению с таковым в простой двухопорной стойке. Аналогично и в ОС, в которой необходимо задействовать в значительно большей степени скелетно-мышечную систему с целью удержания центра давления в пределах базы поддержки опоры для недопущения падения.

Заключение. Таким образом, выявлены особенности текущей вегетативной регуляции сердечного ритма у футболистов с различными типами вегетативной регуляции при поддержании постурального баланса в статических и динамических условиях. Футболисты с нормотоническим и ваготоническим типами регуляции как в статических, так и динамических условиях поддержания ПБ характеризуются более оптимальными с позиции экономизации соотношениями активности симпатического и парасимпатического отделов вегетативной нервной системы, а также центрального и автономного контуров управления ритмом сердца. Показано, что с ростом сложности постуральных условий от простой двухопорной стойки к поддержанию ПБ при выполнении динамического теста и в одноопорной стойке, отмечается повышение централизации в управлении ритмом сердца, более высокая активность симпатического отдела ВНС, а также снижение активности парасимпатической нервной системы во всех трёх группах футболистов по типу вегетативной регуляции.

Для более целостного понимания функционирования постуральной системы необходим учёт вегетативной регуляции, напряжение которой возрастает параллельно росту сложности постуральных условий. Полученные данные могут быть полезны при разработке методик повышения эффективности поддержания постурального баланса спортсменов в статических и динамических условиях.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований (грант Б23М-038).

Список использованной литературы

1. Баевский Р. М. Математический анализ изменений сердечного ритма при стрессе / Р. М. Баевский, О. И. Кириллов, С. З. Клецкин. М.: Наука, 1984. 221 с.
2. 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.
3. Зинурова Н. Г. Особенности регуляции артериального давления у спортсменов различных видов спорта в зависимости от степени статокINETической устойчивости / Н. Г. Зинурова, Е. В. Быков, А. В. Чипышев // Фундаментальные исследования. 2014. Т. 7. № 12. С. 1433–1436.
4. Трембач А. Б. Аппаратно-программный комплекс для диагностики и коррекции ментальных, моторных и вегетативных функций у лиц с различным уровнем двигательной деятельности / А. Б. Трембач, Т. В. Пономарева, С. П. Лавриченко // Физическая культура и спорт. Олимпийское образование: Материалы международной научно-практической конференции, Краснодар, 11 февраля 2019 года. Т. 1. Ч. 1. Краснодар: Кубанский государственный университет физической культуры, спорта и туризма, 2019. С. 331–333.
5. Тишутин Н. А. Постуральный баланс футболистов в одноопорной стойке / Н. А. Тишутин, Ю. Н. Щерба, О. В. Кучинская // Безопасный спорт — 2022: материалы IX Международной научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 12-13 мая, 2022 г. / Изд-во ФГБОУ ВО СЗГМУ им. И. И. Мечникова Минздрава России; ред. группа.: Е.А. Гаврилова, О.А. Чурганов. СПб, 2022. С. 555–562.
6. Шлык Н. И. Показатели вариабельности сердечного ритма в покое и ортостазе при разных диапазонах значения MxDMn и их изменение у легкоатлетов-бегунов в тренировочном процессе / Н. И. Шлык, А. Е. Алабужев // Наука и спорт: современные тенденции. 2020. Т. 8, № 4. С. 46–66.
7. Andreeva A. Postural Stability in Athletes: The Role of Age, Sex, Performance Level, and Athlete Shoe Features / A. Andreeva, A. Melnikov, D. Skvortsov [et al.] // Sports. 2020. Vol. 8, iss. 6. P. 89.