

ПОСТУРАЛЬНЫЙ БАЛАНС И ТЕКУЩАЯ ВЕГЕТАТИВНАЯ РЕГУЛЯЦИЯ СЕРДЕЧНОГО РИТМА У ФУТБОЛИСТОВ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ТЕСТА РОМБЕРГА

Н.А. Тишутин

Учреждение образования «Белорусский государственный университет физической культуры»

Актуальность изучения особенностей поддержания пострального баланса совместно с уровнем текущей вегетативной регуляции сердечного ритма обусловлена важной ролью вегетативного регуляторного звена для функционирования постральной системы человека. Спортивная деятельность футболистов предъявляет специфические требования к особенностям функционирования как постральной системы, так и вегетативной нервной системы, что также указывает на целесообразность их совместного исследования с целью определения оптимальных уровней, которые будут способствовать наибольшей игровой эффективности.

Цель статьи – выявление особенностей поддержания пострального баланса и текущей вегетативной регуляции сердечного ритма у футболистов при выполнении теста Ромберга.

Материал и методы. *Обследовано 100 студентов Белорусского государственного университета физической культуры, из которых 50 спортсменов-футболистов, играющих за различные команды в чемпионате Беларуси по футболу, и 50 студентов-сверстников, не занимающихся спортом. Проводилась синхронная регистрация текущей вариабельности сердечного ритма и колебаний центра давления на стабиллоплатформе при выполнении теста Ромберга.*

Результаты и их обсуждение. *Обследованная группа футболистов характеризовалась меньшей скоростью и площадью перемещений центра давления по сравнению со студентами, которые не занимаются спортом, причем в усложненной стойке с отсутствием зрительного контроля эти различия были более значительными. Уровень текущей вегетативной регуляции сердечного ритма у группы футболистов характеризовался меньшей текущей активностью центрального контура в управлении ритмом сердца независимо от включения в постральный контроль зрительной сенсорной системы.*

Заключение. *Выявленные особенности поддержания пострального баланса при выполнении теста Ромберга и текущей вегетативной регуляции ритма сердца у футболистов можно рассматривать как необходимое условие, позволяющее футболистам эффективно поддерживать позу и достигать высоких спортивных результатов.*

Ключевые слова: *постуральный баланс, вегетативная регуляция сердечного ритма, стабилметрическая платформа, футболисты, зрительный контроль.*

POSTURAL BALANCE AND CURRENT AUTONOMIC REGULATION OF FOOTBALL PLAYERS' HEART RATE WHEN THEY PERFORM THE ROMBERG TEST

N.A. Tishutin

Education Establishment "Belarusian State University of Physical Education"

The relevance of studying the features of maintaining postural balance together with the level of current vegetative regulation of the heart rate is due to the important role of the vegetative regulatory link for the functioning of the human postural system. The sports activity of football players imposes specific requirements on the functioning of both the postural system and the autonomic nervous system, which also indicates the feasibility of their joint study in order to determine the optimal levels that will contribute to the greatest playing efficiency.

The purpose of the article is to study the features of maintaining postural balance and the current autonomic regulation of football players' heart rate when they perform the Romberg test.

Material and methods. *100 students of Belarusian State University of Physical Education were studied, of which 50 football players who play for various teams in the Belarusian Football Championship, and 50 peer students who do not go in for sports. Synchronous recording of the current heart rate variability and fluctuations of the center of pressure on the stabilometric platform was carried out during the Romberg test.*

Findings and their discussion. *The surveyed group of football players was characterized by a lower speed and area of movement of the center of pressure compared to students who do not play sports, and in a complicated stance with no visual control, these differences were more significant. The level of the current vegetative regulation of the heart rate in the group of football players was characterized by a lower current activity of the central circuit in the control of the heart rhythm, regardless of the inclusion of the visual sensory system in the postural control.*

Conclusion. *The identified features of maintaining postural balance during the Romberg test and the current autonomic regulation of football players' heart rhythm can be considered as a necessary condition that allows football players to effectively maintain their posture and achieve high sports results.*

Key words: *postural balance, autonomic regulation of heart rate, stabilometric platform, football players, visual control.*

Для поддержания постурального баланса (ПБ) в организме человека функционирует сложная многоуровневая система, деятельность которой связана с большим количеством компонентов и зависит от условий, в которых необходимо поддерживать ПБ [1]. В этой системе выделяются различные компоненты, которые можно подразделить в зависимости от реализуемых функций: центральная нервная система (ЦНС), опорно-двигательный аппарат и сенсорные системы [2]. Задействование опорно-двигательного аппарата с его большим количеством звеньев обеспечивает реализацию основных механизмов управления системой поддержания ПБ, которые представлены рефлексом, синергиями, а также стратегиями [3]. Сенсорные системы, в свою очередь, предоставляют афферентную информацию в ЦНС, на основании которой реализуются позные корректировки. В качестве основных сенсорных систем, необходимых для поддержания ПБ, выделяют зрительную, вестибулярную и двигательную сенсорные системы [4]. Иерархически выстроенные уровни ЦНС функционируют на основе поступающей от данных сенсорных систем информации, что реализуется в формировании корковых и подкорковых двигательных ответов, которые активируют деятельность опорно-двигательного аппарата и соответствующую реализацию позных корректировок. Таким образом, в организме человека формируется функциональная система, направленная на достижение полезного приспособительного результата в виде поддержания ПБ.

В научной литературе имеются сведения, что поддержание ПБ является важной координационной способностью, высокий уровень развития которой необходим для эффективного выполнения двигательных действий и технических элементов, которые составляют основу любой спортивной деятельности [5]. Отмечается, что способность к поддержанию ПБ у спортсменов имеет более высокий уровень развития по сравнению с лицами, не занимающимися спортом, однако данные различия зачастую выявляются только в усложненных условиях поддержания позы и отсутствуют в простых стойках [6].

Игровые виды спорта отличаются высокими требованиями к уровню поддержания ПБ, причем, значимость этих требований возрастает при усложнении игровых ситуаций. Одним из наиболее популярных и близко характеризующих специфику игровых видов спорта является футбол. Исследователь Д.Ф. Лекомцев (2018) отмечает, что высокий уровень поддержания ПБ необходим футболистам для нормального функционирования всех физиологических систем организма, оптимального распределения мышечных усилий и амплитуды движений и, как следствие этого, повышения экономичности и эффективности двигательных действий [7]. Вместе с тем все виды спорта, включая футбол, для эффективного поддержания ПБ предъявляют специфические требования к функционированию постуральной системы, отдавая приоритет тем источникам афферентной информации, которые являются наиболее целесообразными для данного вида спорта. Процесс перераспределения приоритета афферентной информации между различными сенсорными модальностями для наиболее эффективного поддержания позы в специфических условиях спортивной деятельности называют «адаптивным постуральным контролем» [8]. Наличие данных адаптационных перестроек в работе постуральной системы в совокупности со сведениями, указывающими на выявление различий между спортсменами и лицами, не занимающимися спортом, только в более сложных условиях поддержания позы, указывает на актуальность исследования особенностей постурального контроля у футболистов в усложненных условиях.

Другой важной системой, необходимой для выполнения любого двигательного действия, а также для обеспечения ПБ, является вегетативная нервная система (ВНС). Особенности функционирования ВНС в настоящее время наиболее часто исследуются с использованием методов вариабельности сердечного ритма (ВСР) [9], следовательно, при использовании данных методов правомерно говорить об изучении вегетативной регуляции сердечного ритма (ВРСР). Вегетативная регуляция обеспечивает реализацию эрготропной и трофотропной функций, которые необходимы для деятельности мышц, органов и структур, входящих в постуральную систему. Помимо этого, надсегментарные отделы ВНС

обеспечивают реализацию интегративных функций при осуществлении целесообразной адаптивной деятельности [10, с. 16]. Следовательно, оптимальный уровень вегетативной регуляции является важным компонентом для поддержания любой позы человека, а также для реализации всех видов спортивной деятельности. В научной литературе в настоящее время имеются многочисленные исследования постуральной системы, а также ВНС у спортсменов в отдельности, однако малочисленны работы, рассматривающие данные системы комплексно [5], что ограничивает действительное понимание особенностей их функционирования во взаимодействии друг с другом. В этой связи актуальными являются исследования, связанные с изучением особенностей поддержания ПБ совместно с текущей ВРСР у футболистов в усложненных постуральных условиях.

Цель статьи – выявление особенностей поддержания постурального баланса и текущей вегетативной регуляции сердечного ритма у футболистов при выполнении теста Ромберга.

Материал и методы. Обследовано 100 студентов Белорусского государственного университета физической культуры. Все студенты мужского пола в возрасте от 18 до 20 лет. Из них 50 студентов являлись действующими футболистами, которые выступают за различные клубы в чемпионате Беларуси по футболу, а также имеют I спортивный разряд или II спортивный разряд со стажем занятий футболом более 10 лет (основная группа). Группу контроля составили 50 студентов-сверстников, не занимающихся спортом и не имеющих спортивных разрядов. Все участники обследованы во временном интервале 9.00–11.00.

До проведения исследования на стабиллоплатформе у всех испытуемых фиксировались следующие антропометрические показатели: длина тела, масса тела, длина стопы. Массу тела (кг) определяли с применением медицинских электронных весов ВЭМ-150 (ОАО «Зенит-БелОМО», Республика Беларусь). Длина тела (см) измерялась стоя с использованием медицинского ростомера. Для определения длины стопы (см) применялась измерительная линейка для ног.

Изучение особенностей поддержания ПБ в усложненных условиях осуществлялось посредством выполнения теста Ромберга на стабиллоплатформе. Тест предполагал поддержание ПБ в вертикальной стойке в течение 54 секунд с открытыми глазами (ОГ) и закрытыми глазами (ЗГ). Тест проводился с использованием стабиллометрической платформы «ST-150» с программным обеспечением STPL (ООО Мера-ТСП, г. Москва).

При выполнении теста на стабиллоплатформе производилась параллельная регистрация кардиоинтервалограммы, с последующим автоматическим расчетом показателей ВРСР. Для регистрации кардиоинтервалограммы применяли электрокардиограф «Полиспектр-8» фирмы «Нейрософт» (г. Иваново).

В работе использовались стандартные статистические методы из пакета программ Microsoft Excel 2010, Statistica 12. На нормальность распределения полученные данные проверялись с применением критерия Шапиро–Уилка. Статистические данные с нормальным распределением представлены в виде $\bar{X} \pm S_{\text{откл}}$, а с ненормальным – в виде медианы (Me) и центилей (25%, 75%). Уровень достоверности различий между независимыми группами определялся с использованием U-критерия Манна–Уитни. Достоверность внутригрупповых различий устанавливали при помощи W-критерия Уилкоксона. Различия по обоим критериям считались статистически значимыми при $p < 0,05$.

Результаты и их обсуждение. Тест Ромберга в настоящем исследовании рассматривался как способ создания усложненных постуральных условий, позволяющих изучить особенности функционирования постуральной системы и текущего уровня ВРСР у футболистов. Отключение зрительного контроля сопровождается срочными адаптационными перестройками в функционировании постуральной системы. В этих условиях поздние корректировки, по большей части, основываются на афферентной информации от сохранных двигательной и вестибулярной сенсорных систем, что создает дополнительные трудности для обеспечения постурального контроля.

Перед анализом результатов теста Ромберга проведен сравнительный анализ значений антропометрических показателей у основной группы и группы контроля (табл. 1). Необходимость данного анализа обусловлена тем, что при прочих равных условиях человеку с большей длиной тела будет труднее эффективно поддерживать ПБ по сравнению с человеком, имеющим меньшую длину тела. Данная зависимость объясняется тем, что большая длина тела обуславливает более высокое расположение его центра тяжести, что снижает устойчивость тела [11]. Обратная тенденция наблюдается с показателем длины стопы, увеличение значений которого будет создавать большую поверхность опоры и, соответственно, давать некоторое преимущество для эффективного поддержания позы.

Данные антропометрических показателей в двух исследуемых группах

Показатель	Основная группа	Группа контроля	Достоверность различий
Длина тела, (см)	180 [175; 184]	182 [176; 186]	$p_u > 0,05$
Длина стопы, (см)	27 [27; 28]	28 [27; 28]	$p_u > 0,05$
Масса тела, (кг)	72,2 [68; 79]	71,6 [67; 78]	$p_u > 0,05$

Примечание: p_u – достоверность различий по U-критерию Манна–Уитни между антропометрическими показателями.

Проведение сравнительного анализа значений трех антропометрических показателей у представителей основной группы и группы контроля не выявило достоверных различий. Показатели длины тела, массы тела, а также длины стопы имели схожие значения у представителей обеих групп, а степень их различий была незначительной и не превышала 3%. Следовательно, в данном исследовании антропометрический фактор не мог оказывать существенного влияния на различия, наблюдаемые при поддержании ПБ между двумя исследуемыми группами.

В табл. 2 представлены значения стабилметрических показателей, характеризующих особенности поддержания ПБ при выполнении теста Ромберга у представителей основной группы и группы контроля. Показатель ОФР, который указывает на эффективность выполнения данного теста, у основной группы имел значения на 16% более высокие ($p < 0,01$), чем в группе контроля. Данные соотношения показателя ОФР свидетельствуют, что у футболистов результаты выполнения теста Ромберга значительно выше, чем у студентов, не занимающихся спортом.

При поддержании ПБ в вертикальной стойке с ОГ показатель скорости колебаний центра давления (ЦД) характеризовался значительными различиями между исследуемыми группами: основная группа – 6,4 мм/с, группа контроля – 7,5 мм/с ($p < 0,05$). Переход к стойке с ЗГ сопровождался значительным увеличением скорости колебаний ЦД у представителей обеих групп. В основной группе значения показателя V увеличились на 2,9 мм/с ($p < 0,01$), а в группы контроля – на 3,4 мм/с ($p < 0,01$). Скорость колебаний ЦД в условиях с ЗГ у представителей группы контроля оказалась выше на 17% ($p < 0,05$) по сравнению с основной группой. Таким образом, усложнение условий поддержания ПБ за счет отключения зрительного контроля сопровождалось повышением напряжения функционирования постуральной системы в обеих изучаемых группах, однако у футболистов это напряжение было менее выраженным.

Показатель площади статокинезиограммы является произведением степени колебаний ЦД во фронтальном и сагиттальном направлениях и отражает эффективность поддержания ПБ. При поддержании позы в вертикальной стойке с ОГ значения показателя S в группе контроля были выше на 23% по сравнению с основной группой, однако достоверность различий не достигла критического уровня значимости. При отключении зрительного контроля отмечается достоверное увеличение значений площади девиаций ЦД в обеих исследуемых группах.

Так, в основной группе значения площади перемещений ЦД увеличились на 43% ($p < 0,01$), а в группе контроля прирост составил 49% ($p < 0,01$). В итоге при поддержании ПБ в вертикальной стойке с ЗГ у представителей группы контроля значения S оказались на 28% ($p < 0,05$) выше по сравнению с таковыми у лиц основной группы. Данные значения площади колебаний ЦД говорят о более эффективном поддержании позы у футболистов по сравнению со студентами-сверстниками, которые не занимаются спортом. Вместе с тем отмечается отсутствие статистически значимых различий по показателю S между футболистами и студентами, не имеющими отношения к занятиям спортом, в простой стойке с включением в постуральный контроль зрительной сенсорной системы.

Стабилометрические показатели при выполнении теста Ромберга у основной группы и группы сравнения

Показатель	Основная группа		Группа контроля		Достоверность различий	
	открытые глаза	закрытые глаза	открытые глаза	закрытые глаза	ОГ–ОГ	ЗГ–ЗГ
ОФР – оценка функции равновесия (баллы)	126 [101; 150]		109 [93; 121]		$p_u < 0,01$	
V – скорость (мм/с)	6,4 [5,1; 8,1]	**9,3 [7,5; 12,2]	7,5 [6,2; 8,9]	**10,9 [8,5; 14,8]	$p_u < 0,05$	$p_u < 0,05$
S – площадь статокенизограммы 95% доверительным интервалом (мм ²)	83 [54; 135]	**119 [71; 188]	102 [65; 184]	**152 [102; 274]	$p_u > 0,05$	$p_u < 0,05$
MaxX – амплитуда колебаний ЦД относительно X (мм)	6 [4,3; 7,9]	*7,4 [4,9; 9,5]	6,8 [5,5; 8,3]	**9,5 [6,9; 12,4]	$p_u > 0,05$	$p_u < 0,01$
MaxY – амплитуда колебаний ЦД относительно Y (мм)	10,3 [7,6; 13,6]	**11,9 [8,9; 15,6]	10 [8,4; 12,3]	**12,7 [10,4; 16,8]	$p_u > 0,05$	$p_u > 0,05$

Примечание: p_u – достоверность межгрупповых различий по U-критерию Манна–Уитни в стойках с открытыми и закрытыми глазами; * – достоверность внутригрупповых различий в стойках с открытыми и закрытыми глазами (* – $p < 0,05$, ** – $p < 0,01$).

Рассматривая особенности колебаний ЦД во фронтальной и сагиттальной плоскостях, отмечаем имеющиеся различия в исследуемых группах по показателям MaxX и MaxY. Так, в основной группе при поддержании ПБ в стойке с ОГ зафиксированы следующие значения показателей амплитуды колебаний ЦД: MaxX – 6 мм, MaxY – 10,3 мм. Переход к стойке с ЗГ у представителей основной группы сопровождался повышением значений MaxX и MaxY на 23% ($p > 0,05$) и 16% ($p > 0,01$) соответственно. В группе контроля при поддержании ПБ в стойке с ОГ значения данных показателей были следующими: MaxX – 6,8 мм, MaxY – 10 мм. При депривации зрительного анализатора в группе контроля отмечалась схожая с основной группой тенденция, которая выражалась в достоверном увеличении значений MaxX (на 40%; $p > 0,01$) и MaxY (на 27%; $p > 0,01$). Таким образом, сравнивая значения показателей амплитуды колебаний ЦД во фронтальной и сагиттальной плоскостях, обращаем внимание на отсутствие достоверных различий между исследуемыми группами при поддержании ПБ в простой стойке с ОГ. Отключение зрительного контроля вызывало значительное увеличение значений показателей MaxX, MaxY в обеих группах, однако степень прироста у представителей группы контроля была более высокой, чем в группе футболистов. В результате амплитуда колебаний ЦД во фронтальной плоскости в стойке с ЗГ у представителей основной группы ниже на 28% ($p < 0,05$) по сравнению с таковой в группе контроля. Следовательно, при поддержании позы в стойке с ОГ у футболистов и студентов, которые не занимаются спортом, отсутствовали значительные различия в амплитуде колебаний ЦД во фронтальной и сагиттальной плоскостях. Вместе с этим переход к поддержанию ПБ в стойке с ЗГ выявил у футболистов более высокий уровень устойчивости во фронтальной плоскости.

Таким образом, стабилометрические результаты теста Ромберга указывают на более высокий уровень ПБ у футболистов в усложненных отсутствием зрительной афферентной информации условиях. У футболистов по сравнению со студентами, не занимающимися спортом, наблюдаются меньшая площадь и скорость девиаций ЦД, а также амплитуда колебаний ЦД во фронтальной плоскости. В то же время по некоторым показателям статистически значимые различия наблюдаются только

в усложненных отсутствии зрительной информации условиях и отсутствуют в простой стойке с ОГ. Следовательно, результаты настоящего исследования подтверждают данные А.С. Назаренко и соавт. (2018) о том, что различия в уровне поддержания ПБ у лиц, которые не имеют отношения к занятиям спортом, и спортсменов могут быть зафиксированы только в усложненных постуральных условиях [12]. Эти же авторы показали, что в стойке с ЗГ эффективность поддержания ПБ у спортсменов характеризуется меньшей степенью снижения по сравнению с лицами, которые не занимаются спортом [13]. Данная тенденция подтверждается и результатами настоящего исследования, поскольку у футболистов отмечался меньший прирост площади перемещений ЦД, а также амплитуды колебаний ЦД во фронтальной и сагиттальной плоскостях по сравнению с таковыми у студентов, не занимающихся спортом.

Для спортивной деятельности футболистов является важным высокий уровень развития способности к поддержанию различных поз, в том числе и в усложненных условиях, что позволяет им более успешно выполнять двигательные действия и технические элементы. Высокие требования, предъявляемые к данной координационной способности в футболе, а также направленность их учебно-тренировочного процесса, обуславливают долговременные перестройки в функционировании постуральной системы футболистов. Как следствие, футболисты высокой квалификации обладают более развитой чувствительностью основных сенсорных систем, а также более совершенными механизмами восприятия и обработки поступающей афферентной информации, что помогает им своевременно осуществлять позные корректировки с целью эффективного поддержания ПБ.

Текущая ВРСР характеризует тот уровень энергометаболических запросов, который необходим для нормального функционирования органов и физиологических систем сегодня. Поскольку в настоящей работе перед участниками исследования ставилась задача неподвижного поддержания вертикального положения тела в условиях с ОГ и ЗГ, то регистрация текущей ВРСР позволяет установить тот уровень ВРСР, который требуется для решения данной задачи.

Частота сердечных сокращений при поддержании позы в стойке с ОГ у представителей группы контроля была на 16% выше ($p < 0,01$) по сравнению с основной группой. Переход к стойке с ЗГ, который по данным стабилметрических показателей сопровождался напряжением функционирования постуральной системы, также вызывал достоверное увеличение значений ЧСС на 7% ($p < 0,01$) и 6% ($p < 0,01$) в основной группе и группе контроля соответственно. Поддержание ПБ в вертикальной стойке с ЗГ у лиц основной группы сопровождалось на 13% ($p < 0,01$) меньшей ЧСС по сравнению с группой контроля. Таким образом, обеспечение постурального контроля как в стойке с ОГ, так и с ЗГ сопровождалось более высоким уровнем функционирования сердечно-сосудистой системы (ССС) у студентов, которые не занимаются спортом, по сравнению с футболистами. Отключение зрительного контроля приводило к значительному повышению уровня функционирования ССС у представителей обеих групп, однако более низкий уровень и, соответственно, более экономный, был зафиксирован у футболистов.

Активность центрального контура в управлении сердечным ритмом, которую отражают значения индекса напряжения (ИН), имела различия в двух исследуемых группах. Так, при включении в постуральный контроль зрительной сенсорной системы значения ИН в основной группе оказались на 44% ($p < 0,01$) ниже, чем в группе контроля. Отключение зрительного контроля сопровождалось повышением значений ИН на 62% ($p < 0,01$) и 35% ($p < 0,05$) от таковых в стойке с ОГ у представителей основной группы и группы контроля соответственно. Несмотря на более высокий процентный прирост значения ИН в основной группе, при поддержании ПБ в стойке с ЗГ у представителей данной группы значения ИН были ниже на 32% ($p < 0,05$), чем у группы контроля. Следовательно, при депривации зрительного анализатора в обеих исследуемых группах отмечалось повышение активности центрального контура управления ритмом сердцем, однако независимо от включения в постуральный контроль зрительной сенсорной системы эта активность у футболистов была значительно ниже, чем у студентов, которые не занимаются спортом.

Показатель RMSSD, являющийся маркером активности парасимпатического отдела ВНС [9, с. 36], характеризовался достоверными различиями в значениях при выполнении теста Ромберга между основной группой и группой контроля. Значения показателя RMSSD были выше у представителей основной группы на 45% ($p < 0,05$) и 50% ($p < 0,05$) соответственно в условиях поддержания ПБ с открытыми и закрытыми глазами. Направленность и степень изменения значений RMSSD при отключении

зрительного контроля выражалась в их уменьшении на 6% ($p < 0,01$) и 9% ($p < 0,01$) по сравнению со стойкой с ОГ у основной группы и группы контроля соответственно. То есть в процессе срочной адаптации к усложненным постуральным условиям, обусловленным отсутствием афферентной информации от зрительной сенсорной системы, в обеих исследуемых группах наблюдается снижение активности парасимпатического отдела ВНС. Однако независимо от того, поступает афферентная информация от зрительной сенсорной системы или нет, парасимпатическая активность у футболистов была значительно выше, чем у студентов, не занимающихся спортом, что указывает на более экономный уровень ВРСР у спортсменов.

Таблица 3

Показатели вариабельности сердечного ритма при выполнении теста Ромберга

Показатель	Основная группа		Группа контроля		Достоверность различий	
	открытые глаза	закрытые глаза	открытые глаза	закрытые глаза	ОГ–ОГ	ЗГ–ЗГ
ЧСС – частота сердечных сокращений (уд/мин)	77 [71; 94]	**82 [73; 98]	89 [78; 99]	**94 [82; 101]	$p_u < 0,01$	$p_u < 0,05$
ИН – индекс напряжения (у.е.)	122 [61; 308]	**198 [79; 378]	216 [131; 349]	*291 [160; 576]	$p_u < 0,01$	$p_u < 0,05$
RMSSD – кв. корень из суммы разностей ряда кардиоинтер. (мс)	32 [18; 58]	**30 [14; 51]	22 [14; 31]	**20 [13; 28]	$p_u < 0,05$	$p_u < 0,05$
Total – общий спектр мощности (мс ²)	2458 [1332; 3921]	*1848 [1102; 2874]	1914 [1018; 3291]	*1384 [716; 2693]	$p_u > 0,05$	$p_u > 0,05$
VLF – очень низкочастотные волны (мс ²)	679 [284; 854]	311 [126; 790]	469 [209; 872]	291 [129; 604]	$p_u > 0,05$	$p_u > 0,05$
LF – низкочастотные волны (мс ²)	812 [555; 1734]	780 [261; 1314]	716 [456; 1645]	651 [298; 1425]	$p_u > 0,05$	$p_u > 0,05$
HF – высокочастотные волны (мс ²)	544 [219; 1403]	*391 [121; 1012]	254 [139; 662]	252 [112; 437]	$p_u < 0,05$	$p_u > 0,05$

Примечание: p_u – достоверность межгрупповых различий по U-критерию Манна–Уитни между показателями вариабельности сердечного ритма; * – достоверность внутригрупповых различий (* – $p < 0,05$, ** – $p < 0,01$).

Большинство рассматриваемых показателей спектрального анализа сердечного ритма при выполнении теста Ромберга не имело достоверных различий в значениях между двумя исследуемыми группами. Для обеих групп было характерно преобладание в спектре низкочастотных и очень низкочастотных компонентов (VLF, LF), что говорит о напряженном функционировании их вегетативных регуляторных механизмов. Однако более благоприятная тенденция отмечается у представителей основной группы, поскольку значения показателей Total и HF в стойке с ОГ у них были выше на 28% ($p < 0,05$) и 114% ($p < 0,05$) соответственно по сравнению с таковыми у представителей группы контроля. В совокупности со стабилметрическими результатами теста Ромберга это свидетельствует о более экономном уровне функционирования вегетативного регуляторного звена, который сопровождается более эффективным поддержанием ПБ. Отключение зрительного контроля в обеих группах приводило к снижению мощности волн различных частот, однако достоверные различия в изменении их значений выявлены лишь по показателю HF в основной группе (снижение на 28%; $p < 0,05$). Вместе с этим следует отметить, что значения показателя LF у представителей основной группы при переходе к стойке с ЗГ снижались лишь на 4%. Напротив, у представителей группы контроля практически не наблюдалось изменений в значениях показателя HF, что указывает на сохранение

относительно высокой активности парасимпатического звена ВНС по данным спектрального анализа у этой группы при переходе к стойке с ЗГ. Таким образом, учитывая, что футболисты характеризовались лучшими результатами в тесте Ромберга, можно предположить, что для обеспечения эффективного поддержания ПБ в усложненных условиях необходимо сохранение высокой активности симпатического отдела ВНС и, напротив, снижение парасимпатических влияний, которые были выявлены у футболистов.

Важно отметить, что текущий уровень ВРСР, который зафиксирован в основной группе и группе контроля при выполнении теста Ромберга, связан не только с выполняемой деятельностью, но во многом зависит от исходного типа ВРСР. Следовательно, одним из актуальных направлений дальнейших исследований является изучение особенностей поддержания позы у спортсменов конкретного вида спорта с различными исходными типами ВРСР.

По результатам анализа показателей ВСР можно заключить, что у футболистов отмечается более оптимальный, с позиции экономизации, уровень ВРСР как в простой стойке с ОГ, так и в усложненных условиях зрительной информации. Несмотря на то, что в обеих группах преобладают низкочастотные и очень низкочастотные компоненты модуляции сердечного ритма, у футболистов выявлена более высокая активность парасимпатического отдела ВНС, а также меньшая централизация в управлении ритмом сердца. Переход к поддержанию ПБ в усложненных условиях у футболистов, по данным спектрального анализа ритма сердца, сопровождался значительным снижением парасимпатических влияний и, напротив, сохранением активности симпатического звена ВНС, что, вероятно, отражает более оптимальный уровень вегетативной регуляции, который способствует эффективному поддержанию ПБ. Такие особенности ВРСР, по-видимому, являются проявлением долговременных адаптационных перестроек, обусловленных спецификой спортивной деятельности футболистов, и направлены на максимально эффективное функционирование их организма.

Заключение. Таким образом, проведен анализ стабилметрических показателей, а также текущего уровня ВРСР при выполнении теста Ромберга у футболистов по сравнению со студентами-сверстниками, которые не занимаются спортом. В результате у футболистов определен более высокий уровень поддержания ПБ при выполнении теста Ромберга. Этот более высокий уровень у футболистов проявляется в меньшей скорости и площади перемещений ЦД, причем как в стойке с открытыми глазами, так и с закрытыми, а также в лучшей устойчивости во фронтальной плоскости, которая была выявлена при отключении зрительного контроля. По данным показателя площади перемещений ЦД у футболистов отмечается меньшее снижение эффективности поддержания ПБ в усложненных условиях зрительной афферентной информации, чем у студентов, не занимающихся спортом.

Уровень текущей ВРСР у футболистов характеризовался меньшей текущей активностью центрального контура в управлении ритмом сердца независимо от включения в постуральный контроль зрительной сенсорной системы по сравнению со студентами, которые не занимаются спортом. Депривация зрительного анализатора в обеих исследуемых группах сопровождалась повышением централизации в регуляции сердечным ритмом. По данным спектрального анализа сердечного ритма установлено, что при отключении зрительного контроля у футболистов наблюдается сохранение высокой симпатической активности и, напротив, значительное снижение активности парасимпатического отдела ВНС. Подобную направленность изменений в текущей ВРСР у спортсменов, вероятно, можно рассматривать как необходимое условие, играющее важную роль для эффективного постурального контроля в усложненных условиях поддержания позы.

Полученные в настоящей работе данные предоставляют новую информацию об особенностях функционирования постуральной системы у спортсменов-футболистов, а также о важной роли в этом процессе вегетативного регуляторного звена, которое участвует в обеспечении срочной адаптации при усложнении условий поддержания позы. Результаты исследования могут быть полезны для оценки уровня поддержания ПБ у футболистов, а также при разработке методик, направленных на развитие способности к поддержанию позы в статических и динамических условиях.

Исследования выполнены при финансовой поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований (грант Б23М-038).

ЛИТЕРАТУРА

1. Heil, J. The Influence of Physical Load on Dynamic Postural Control—A Systematic Replication Study / J. Heil, S. Schulte, D. Busch // *Journal of Functional Morphology and Kinesiology*. – 2020. – Vol. 5, № 4. – P. 100. Doi: 10.3390/jfmk5040100.
2. Тришин, А.С. Особенности пострурального контроля у высококвалифицированных спортсменов в ситуационных видах спорта при воздействии латерализованных факторов / А.С. Тришин, Е.С. Тришин, Е.М. Бердичевская [и др.] // *Асимметрия*. – 2015. – Т. 9, № 1. – С. 4–12.
3. Гудков, А.Б. Постуральный баланс у пожилого человека на Севере / А.Б. Гудков, А.В. Демин, А.В. Грибанов. – Архангельск: Соломбальская типография, 2014. – 196 с.
4. Грибанов, А.В. Физиологические механизмы регуляции пострурального баланса человека (обзор) / А.В. Грибанов, А.К. Шерстенникова // *Вестник Северного (Арктического) федерального университета. Сер.: Медико-биологические науки*. – 2013. – № 4. – С. 20–29.
5. 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.
6. Мельников, А.А. Сравнение поструральной устойчивости у спортсменов с разной направленностью тренировочного процесса / А.А. Мельников // *Физическое воспитание и спортивная тренировка*. – 2019. – № 2(28). – С. 60–71.
7. Vuillerme, N. The effect of expertise in gymnastics on postural control / N. Vuillerme, F. Danion, L. Marin [et al.] // *Neuroscience letters*. – 2001. – Vol. 303, № 2. – P. 83–86. Doi: 10.1016/S0304-3940(01)01722-0.
8. Лекомцев, Д.Ф. Стабилометрические показатели футболистов различного игрового амплуа / Д.Ф. Лекомцев // *Актуальные проблемы теории и практики физической культуры, спорта и туризма: материалы VI Всерос. науч.-практ. конф. молодых ученых, аспирантов, магистрантов и студентов, Казань, 24 апр. 2018 г. / Поволж. гос. акад. физической культуры, спорта и туризма; под общ. ред. Ф.Р. Зотовой*. – Казань, 2018. – С. 569–571.
9. Гаврилова, Е.А. Ритмокардиография в спорте: монография / Е.А. Гаврилова. – СПб.: Изд-во СЗГМУ им. И.И. Мечникова, 2014. – 164 с.
10. Переверзев, В.А. Физиология вегетативной нервной системы / В.А. Переверзев, А.И. Кубарко. – Минск: МГМИ, 1995. – 25 с.
11. Horak, F.B. Postural orientation and equilibrium: what do we need to know about neural control of balance to prevent falls? / F.B. Horak // *Age and Ageing*. – 2006. – Vol. 35, № S2. – P. 7. Doi: 10.1093/ageing/af1077.
12. Назаренко, А.С. Влияние специфики спортивной деятельности на статокINETическую устойчивость высококвалифицированных спортсменов / А.С. Назаренко, Ф.А. Мавлиев // *Наука и спорт: современные тенденции*. – 2018. – Т. 21, № 4. – С. 37–43.
13. Назаренко, А.С. Корреляции функции равновесия тела с антропометрическими показателями у спортсменов / А.С. Назаренко, Ф.А. Мавлиев, Н.Ш. Хаснутдинов // *Известия Тульского государственного университета. Физическая культура. Спорт*. – 2016. – № 2. – С. 150–157.

REFERENCES

1. Heil, J. The Influence of Physical Load on Dynamic Postural Control—A Systematic Replication Study / J. Heil, S. Schulte, D. Busch // *Journal of Functional Morphology and Kinesiology*. – 2020. – Vol. 5, № 4. – P. 100. Doi: 10.3390/jfmk5040100.
2. Trishin A.S., Trishin Ye.S., Berdichevskaya Ye.M., Katrich L.V. Asimetriya [Asymmetry], 2015, 9(1), p. 4–12.
3. Gudkov A.B., Demin A.V., Gribanov A.V. Posturalny balans u pozhilogo cheloveka na Severe [An Elderly Person's Postural Balance in the North], Arkhangelsk: Solombalskaya tipografiya, 2014, 196 p.
4. Gribanov A.V., Sherstennikova A.K. Vestnik Severnogo (Arkticheskogo) federalnogo universiteta. Ser.: Mediko-biologicheskiye nauki [Bulletin of the Northern (Arctic) Federal University. Ser.: Biomedical Sciences], 2013, 4, pp. 20–29.
5. Zinurova N.G., Bykov Ye.V., Chipyshev A.V. Fundamentalnyye issledovaniya [Basic Research], 2014, 7(12), pp. 1433–1436.
6. Melnikov A.A. Fizicheskoye vospitaniye i sportivnaya trenirovka [Physical Education and Sports Training], 2019, 2(28), pp. 60–71.
7. Vuillerme, N. The effect of expertise in gymnastics on postural control / N. Vuillerme, F. Danion, L. Marin [et al.] // *Neuroscience letters*. – 2001. – Vol. 303, № 2. – P. 83–86. Doi: 10.1016/S0304-3940(01)01722-0.
8. Lekomtsev D.F. Aktualnyye problemy teorii i praktiki fizicheskoy kultury, sporta i turizma: materialy VI Vseros. nauch.-prakt. konf. molodykh uchenykh, aspirantov, magistrantov i studentov, Kazan, 2018 g. [Current Issues of the Theory and Practice of Physical Education, Sports and Tourism: Proceedings of the VI All-Russian. Scientific-Practical. Conf. of Young Scientists, Graduate Students, Undergraduates and Students, Kazan, 2018], Kazan, 2018, pp. 569–571.
9. Gavrilova Ye.A. Ritmokardiografiya v sporte [Rhythmocardiography in Sports], SPb.: Izd-vo SZGMU im. I.I. Mechnikova, 2014, 164 p.
10. Pereverzev V.A., Kubarko A.I. Fiziologiya vegetativnoy nervnoy sistemy [Physiology of the Autonomic Nervous System], Minsk: MGMI, 1995, 25 p.
11. Horak, F.B. Postural orientation and equilibrium: what do we need to know about neural control of balance to prevent falls? / F.B. Horak // *Age and Ageing*. – 2006. – Vol. 35, № S2. – P. 7. Doi: 10.1093/ageing/af1077.
12. Nazarenko A.S., Mavliyev F.A. Nauka i sport: sovremennyye tendentsii [Science and Sport: Current Trends], 2018, 21(4), pp. 37–43.
13. Nazarenko A.S., Mavliyev F.A., Khasnutdinov N.Sh. Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo Universiteta. Fizicheskaya kultura. Sport [News of Tula State University. Physical Education. Sport], 2016, 2, pp. 150–157.

Поступила в редакцию 31.03.2023

Адрес для корреспонденции: e-mail: nickoknick@mail.ru – Тишутин Н.А.