

Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского
Биология. Химия. Том 11 (77). 2025. № 3. С. 190–201.

УДК 612.172.2:612.88:796.332
DOI 10.29039/2413-1725-2025-11-3-190-201

ВЗАИМОСВЯЗЬ ПАРАМЕТРОВ ВАРИАБЕЛЬНОСТИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА И СТАБИЛОМЕТРИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ У ЮНЫХ СПОРТСМЕНОВ-ФУТБОЛИСТОВ

Нагаева Е. И., Хусаинов Д. Р., Бирюкова Е. А., Мишин Н. П., Губская В. А.

**ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», Симферополь,
Россия**
E-mail: enagaeva75@mail.ru

В статье рассмотрены реакции организма спортсменов на тренировочные нагрузки и корреляционные взаимосвязи между показателями вариабельности сердечного ритма и стабилометрическими показателями постурального баланса. Установлено, что спортсмены футболисты адекватно реагировали на нагрузки подготовительного периода, что проявлялось в улучшении показателей постурального баланса, возрастании активности автономного контура регуляции и преобладании парасимпатических влияний. Результаты корреляционного исследования указывают на универсальность зависимости показателей статокинезиограммы и симпто-парасимпатического регуляторного соотношения. В целом, результаты проведенного исследования обосновывают эффективность использования стабилометрии и показателей ВСР в качестве оценочной модели эффективности тренировочного процесса у спортсменов футболистов.

Ключевые слова: вариабельность сердечного ритма, постуральный баланс, статическое равновесие, спортсмены футболисты, парасимпатическая регуляция.

ВВЕДЕНИЕ

Постуральный баланс в футболе представляет собой критически важный компонент спортивного мастерства, интегрирующий биомеханические, нейрофизиологические и когнитивные аспекты, обеспечивающий поддержание оптимального положения тела как в статических, так и в динамических условиях игры [1–3]. Его развитие требует системного подхода с акцентом на индивидуальные особенности спортсмена и оптимизацию постуральных колебаний при выполнении технических элементов (удар, дриблинг, прыжок) в специфических игровых ситуациях.

Отмечается что поддержание вертикального положения включает в себя работу нескольких физиологических систем, в том числе соматосенсорной, вестибулярной и зрительной, а также сердечно-сосудистой системы [4, 5]. Постуральный контроль и регуляция сердечного ритма представляют собой сложные физиологические процессы, интегрированные на уровне центральной и вегетативной нервных систем, которые в свою очередь могут зависеть от барорефлекторной активности (через

nucleus tractus solitarius), вегетативного баланса (парасимпатическая и симпатическая модуляция) и корково-подкорковых взаимодействий.

Взаимосвязь вариабельности сердечного ритма (BCP) с постуральными показателями продолжает активно изучаться у женщин и мужчин в различных условиях [6, 7]. А у профессиональных спортсменов футболистов выявлено влияние типа вегетативной регуляции на успешность адаптации к усложненным условиям поддержания позы [8].

Опираясь на литературные данные, мы предположили, что юноши футболисты в тренировочном процессе должны демонстрировать увеличение уровня постурального баланса с сопутствующим усилением сбалансированности регуляторных процессов, в том числе, в вегетативных нервных центрах, что скажется на показателях BCP. Следовательно, будут проявляться значимые взаимосвязи показателей пробы Ромберга и BCP, и это может стать основой оценочного метода эффективности тренировочного процесса. В связи с выдвинутым предположением была сформулирована **цель исследования:** выяснить корреляционные взаимосвязи между стабилометрическими показателями пробы Ромберга и BCP футболистов после 1 месяца подготовительного периода тренировок и обосновать перспективность их использования, как оценочного метода эффективности тренировочного процесса.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проведены на базе Научно-клинического центра «Технологии здоровья и реабилитации» с участием 18 юношей в возрасте 18–20 лет – членов сборной команды Национальной студенческой футбольной лиги «КФУ-1» с тренировочным стажем не менее 8 лет, которые вошли в состав основной группы. В группу контроля вошли 14 волонтеров юношей в возрасте 18–20 лет не занимающиеся спортом. Исследования проводились во время подготовительного периода тренировок с февраля по март 2024 года. Все участники исследования подписали добровольное согласие на участие в исследовательских мероприятиях и согласились с обезличенным использованием полученных результатов.

С помощью стабилометрической платформы ST-150 (ООО Мера-ТСП, г. Москва) проводилась пробы Ромберга, а методом анализа вариабельности ритма сердца (BCP) с помощью АПК "Омега-М" проводили исследование уровня адаптации сердечно-сосудистой системы к физическим нагрузкам. Анализировались реакции спортсменов на тренировочные нагрузки и корреляционные взаимосвязи между стабилометрическим показателями постурального баланса и показателями вариабельности сердечного ритма.

Статистический анализ полученных данных осуществлялся с применением валидизированных методов с использованием GraphPad Prism 8. Для оценки нормальности распределения применялся критерий Шапиро-Улика, попарное сравнение зависимых массивов данных осуществлялось Т-критерием Вилкоксона, корреляционный анализ – ранговым критерием Спирмена. Далее для лаконичности и удобства восприятия достоверные изменения регистрируемых показателей будут

представлены в процентном выражении, где за 100 % приняты соответствующие фоновые (до исследуемого тренировочного периода) показатели футболистов. При сравнении показателей контрольной и основной групп за 100 % принимались значения контрольной группы.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Сравнение фоновых значений ВСР в начале исследования показало, что для участников основной группы была характерна меньшая величина частоты сердечных сокращений на 15,44 % ($p \leq 0,05$) и большие значения кардиоинтервала RR на 17,35 % ($p \leq 0,05$) по сравнению с контрольными значениями. В основной группе величина Моды (Mo), была выше на 17,22 % ($p \leq 0,05$), амплитуда моды Amo, ниже на 18,75 % ($p \geq 0,05$). Показатель (RMSSD, мс), характеризующий активность парасимпатического отдела ВНС был выше у юношей футболистов на 19,64 %, а индекс напряжения ниже на 49,24 % ($p \leq 0,05$) что свидетельствовало о большей активности автономного контура регуляции и преобладании парасимпатических влияний у более тренированных спортсменов (табл. 1) [9].

**Таблица 1.
Достоверность различий исследуемых показателей вариабельности сердечного ритма (ВСР) контрольной и основной групп в начале исследования (фон)**

Показатели ВСР	Контрольная группа $\bar{X} \pm S\bar{X}$	Основная группа $\bar{X} \pm S\bar{X}$	p	%
ЧСС (уд./мин.)	81,40±3,86	68,83±2,58	$p \leq 0,05$	15,44
RR среднее (мс.)	751,50±46,16	881,92±35,54	$p \leq 0,05$	17,35
RMSSD, мс	42,27±10,53	50,57±6,53	$p \geq 0,05$	19,64
СКО (SDNN) (мс.)	56,96±9,50	61,18±4,25	$p \geq 0,05$	7,41
Мода (Mo) (мс.)	728,00±39,01	853,33±34,23	$p \leq 0,05$	17,22
Амплитуда моды Amo	33,44±3,90	27,17±2,25	$p \geq 0,05$	18,75
TP, мс ² /Гц	3673,10±1174,23	3762,17±490,77	$p \geq 0,05$	2,42
HF, мс ² /Гц	1032,40±531,16	1121,50±325,92	$p \geq 0,05$	8,63
LF, мс ² /Гц	1245,10±293,50	1396,92±221,04	$p \geq 0,05$	12,19
VLF, мс ² /Гц	678,90±231,16	627,58±89,44	$p \geq 0,05$	7,56
LF/HF	3,14±0,71	2,39±0,51	$p \geq 0,05$	23,89
VLF/HF	3,30±0,77	2,07±0,53	$p \geq 0,05$	37,27
Индекс вегетативного равновесия	165,77±38,59	101,78±16,57	$p \geq 0,05$	38,60
Вегетативный показатель ритма	3,44±3,10	0,35±0,02	$p \geq 0,05$	89,83
Индекс напряжения	122,51±13,49	62,18±11,02	$p \leq 0,05$	49,24

Спустя месяц тренировок было выявлено, что юноши футболисты адекватно реагировали на нагрузки подготовительного периода, что проявилось в снижении кардиоинтервала RR на 66,87 % ($p \leq 0,05$) по сравнению с показателями фоновых значений. Спектральный анализ выявил достоверное возрастание сверхнизкочастотных колебаний VLF на 122,47 % ($p \leq 0,05$) к концу подготовительного периода. Индекс вегетативного равновесия снизился на 20,60 % ($p \geq 0,05$), а значения индекса напряжения снизились на 24,61 % ($p \leq 0,05$), что свидетельствовало о росте парасимпатических влияний у испытуемых (табл. 2) [10].

Таблица 2
Достоверность различий исследуемых показателей вариабельности сердечного ритма (ВСР) в основной группе юношей футболистов в начале и в конце тренировочного периода

Показатели ВСР	Начало тренировочного периода $\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$	Конец тренировочного периода $\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$	p	%
ЧСС (уд./мин.)	68,83±2,58	65,67±2,95	$p \geq 0,05$	4,59
RR среднее (мс.)	881,92±35,54	292,17±1,11	$p \leq 0,05$	66,87
RMSSD, мс	50,57±6,53	60,78±8,11	$p \geq 0,05$	20,19
СКО (SDNN) (мс.)	61,18±4,25	68,97±4,78	$p \geq 0,05$	12,73
Мода (Mo) (мс.)	853,33±34,23	903,33±48,11	$p \geq 0,05$	5,86
Амплитуда моды	27,17±2,25	24,80±1,87	$p \geq 0,05$	8,72
TP, мс ² /Гц	3762,17±490,77	4652,50±608,84	$p \geq 0,05$	23,67
HF, мс ² /Гц	1121,50±325,92	1540,75±392,05	$p \geq 0,05$	37,38
LF, мс ² /Гц	1396,92±221,04	1715,50±202,80	$p \geq 0,05$	22,81
VLF, мс ² /Гц	627,58±89,44	1396,17±293,63	$p \leq 0,05$	122,47
LF/HF	2,39±0,51	2,58±0,95	$p \geq 0,05$	7,95
Индекс вегетативного равновесия	101,78±16,57	80,81±9,51	$p \geq 0,05$	20,60
Вегетативный показатель ритма	0,35±0,02	0,37±0,02	$p \geq 0,05$	5,71
Индекс напряжённости	62,18±11,02	46,88±6,49	$p \geq 0,05$	24,61

Сравнение фоновых результатов стабилометрического исследования контрольной и основной групп при проведении пробы Ромберга с открытыми глазами не выявило достоверных различий в показателях длины статокинезиограммы (L, мм), скорости перемещения центра давления (V, мм/с) и площади статокинезиограммы (S, мм²). Юноши футболисты затрачивали большее количество энергии на поддержание баланса в основной стойке – показатель работы по перемещению ОЦД в плоскости опоры (A, Дж) был выше контрольных значений

на 57,83 % ($p \geq 0,05$), а показатель мощности статокинезиограммы (Р мВт) на 58,04 % ($p \geq 0,05$) (табл. 3).

При проведении пробы Ромберга с закрытыми глазами разница во всех исследуемых показателях статокинезиограммы: длина, площадь, скорость перемещения общего центра давления и работа по перемещению ОЦД в плоскости опоры между контрольной и основной группой колебалась от 1,09 % до 56,64 %, но не была достоверной ($p \geq 0,05$). Результаты проведенного исследования выявили, что юноши футболисты затрачивали большее количество энергии на поддержание статического равновесия в пробе Ромберга с открытыми и с закрытыми глазами по сравнению с контролем (табл. 3).

Результаты динамической пробы продемонстрировали более успешное ее выполнение юношами футболистами, обладающими более высоким уровнем кондиций в показателях динамического равновесия. Более низкие по сравнению с контролем значения длины и площади статокинезиограммы свидетельствуют о более совершенных балансировочных стратегиях, а также меньшей амплитуде колебаний ОЦД тела, разница в процентах по сравнению с контрольной группой составила 11,85 % ($p \leq 0,05$) и 16,69 % ($p \geq 0,05$) соответственно (табл. 3., рис. 1).

Скорость перемещения центра давления V мм/с была достоверно ниже у юношей футболистов на 11,83 % ($p \leq 0,05$), что свидетельствовало о меньшей амплитуде колебаний при выполнении заданий динамической пробы. Энергозатраты (А, Дж) при выполнении этого задания не имели достоверных различий между контрольной и основной группами, а разница в процентах составила 3,13 % ($p \geq 0,05$) (табл. 3, рис. 1).

Таблица 3
Достоверность различий исследуемых показателей стабилограммы при
проведении пробы Ромберга контрольной и основной групп вначале
исследования (фон)

Показатели постурального баланса	Контрольная группа $\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$	Основная группа $\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$	p	%
Проба Ромберга (глаза открыты)				
L, мм	195,14±17,10	222,22±19,90	$p \geq 0,05$	13,87
V, мм/с	6,50±0,58	7,40±0,65	$p \geq 0,05$	13,84
S, мм ²	143,94±27,92	103,02±20,37	$p \geq 0,05$	28,42
A, Дж	0,83±0,09	1,31±0,27	$p \geq 0,05$	57,83
P мВт	27,72±3,10	43,81±8,98	$p \geq 0,05$	58,04
Проба Ромберга (глаза закрыты)				
L, мм з	292,36±33,49	341,61±26,42	$p \geq 0,05$	16,84
V, мм/с з	9,73±1,12	11,39±0,88	$p \geq 0,05$	17,06
S, мм ² з	127,08±26,60	128,47±21,83	$p \geq 0,05$	1,09

Продолжение таблицы 3

A, Дж з	1,76±0,39	2,75±0,45	p≥0,05	56,25
P мВт з	58,61±12,88	91,81±15,06	p≥0,05	56,64
Kэ	200,60±30,26	223,55±25,83	p≥0,05	11,44
Динамическая проба				
L, мм д	1447,24±56,13	1275,69±56,99	p≤0,05	11,85
V, мм/с д	48,25±1,87	42,54±1,90	p≤0,05	11,83
S, мм ² д	6586,63±985,01	5487,11±365,32	p≥0,05	16,69
A, Дж д	34,23±2,90	35,30±6,17	p≥0,05	3,13
P мВт д	1141,63±96,88	1176,86±205,61	p≥0,05	3,09
Баллы	6,5±0,25	5,7±0,33	p≥0,05	12,31

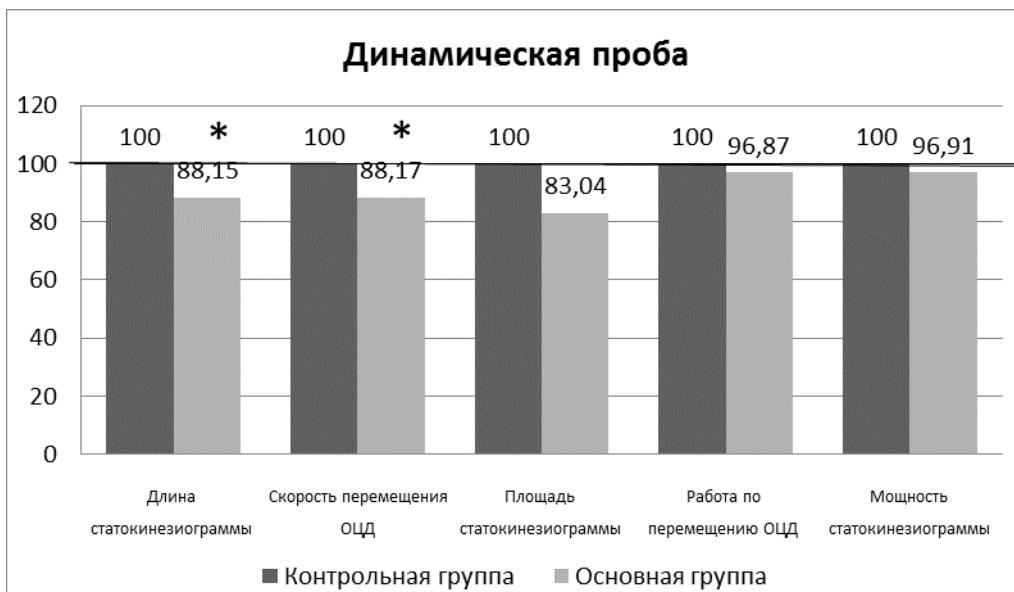


Рис. 1. Достоверность различий исследуемых показателей стабилограммы при проведении динамической пробы контрольной и основной групп на 1 этапе исследования выраженная в процентах (* – p<0,05).

К концу месяца подготовительного периода тренировок у юношей футболистов, по сравнению с показателями фона, наблюдалось: снижение показателей пробы Ромберга выполняемой с закрытыми глазами – длины статокинезограммы на 20,55 % (p≤0,05) и скорости перемещения общего центра давления (ОЦД) – на 20,54 % (p≤0,05), что свидетельствовало о уменьшении частоты и амплитуды колебаний ОЦД тела и возрастании вклада системы проприоцепции в поддержание баланса тела. Снижение мощности статокинезограммы P (мВт) составило 33,64 %

($p \leq 0,05$), и было связано с экономизацией энергозатрат на поддержание статического равновесия (табл. 4, рис. 2).

Таблица 4
Достоверность различных исследуемых показателей стабилограммы при проведении пробы Ромберга в основной группе юношей футболистов в начале и в конце тренировочного периода

Показатели постурального баланса	Начало тренировочного периода $\bar{X} \pm S\bar{X}$	Конец тренировочного периода $\bar{X} \pm S\bar{X}$	p	%
Проба Ромберга (глаза открыты)				
L, мм	222,22±19,90	204,69±13,44	$p \geq 0,05$	7,88
V, мм/с	7,40±0,65	6,84±0,44	$p \geq 0,05$	7,56
S, мм ²	103,02±20,37	128,35±45,79	$p \geq 0,05$	24,58
A, Дж	1,31±0,27	1,07±0,12	$p \geq 0,05$	18,32
P мВт	43,81±8,98	35,90±4,22	$p \geq 0,05$	18,05
Проба Ромберга (глаза закрыты)				
L, мм з	341,61±26,42	271,38±19,51	$p \leq 0,05$	20,55
V, мм/с з	11,39±0,88	9,05±0,67	$p \leq 0,05$	20,54
S, мм ² з	128,47±21,83	103,72±18,92	$p \geq 0,05$	19,26
A, Дж з	2,75±0,45	1,83±0,44	$p \geq 0,05$	33,45
P мВт з	91,81±15,06	60,92±14,68	$p \leq 0,05$	33,64
K _э	223,55±25,83	164,42±30,02	$p \geq 0,05$	26,45
Динамическая проба				
L, мм д	1275,69±56,99	2611,20±95,76	$p \leq 0,05$	104,69
V, мм/с д	42,54±1,90	43,54±1,59	$p \leq 0,05$	2,35
S, ммI д	5487,11±365,32	5669,59±243,10	$p \geq 0,05$	3,33
A, Дж д	35,30±6,17	83,33±8,33	$p \leq 0,05$	136,06
P мВт д	1176,86±205,61	1389,09±138,65	$p \geq 0,05$	18,03
Баллы	7,7±0,37	10,00±0,47	$p \leq 0,05$	29,87

А результаты динамической пробы, несмотря на рост значений длины статокинезиограммы и общих энергозатрат на 104,69 % ($p \leq 0,05$) и 136,06 % ($p \leq 0,05$) соответственно, показали незначительные изменения скорости перемещения ОЦД и площади статокинезиограммы на 2,35 % и 2,35 % ($p \geq 0,05$), при росте количества набранных баллов на 29,87 ($p \leq 0,05$), что свидетельствовало о улучшении динамического баланса связанного с совершенствованием балансировочных стратегий и уменьшением частоты постуральных колебаний ОЦД испытуемых.

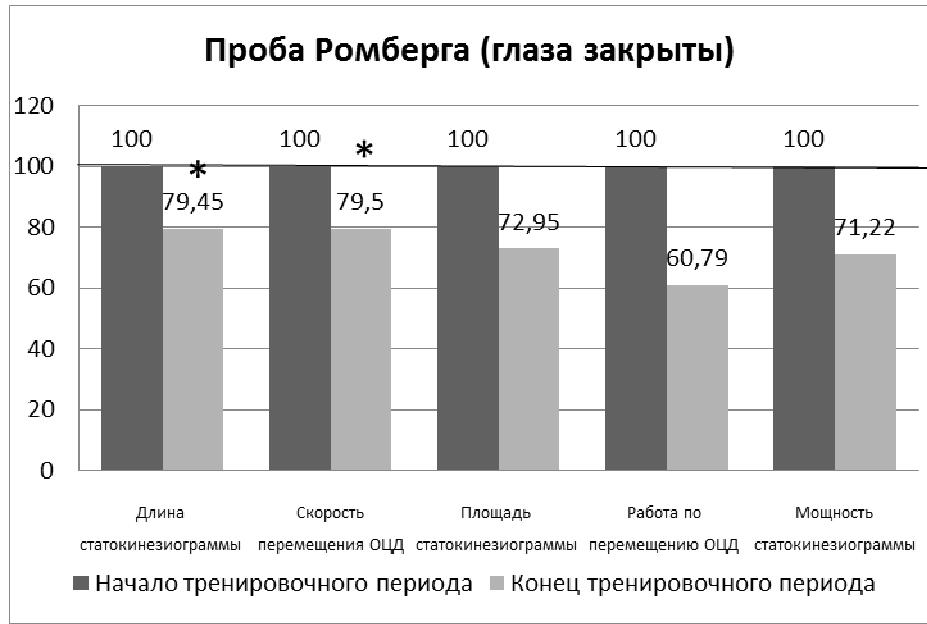


Рис. 2. Достоверность различий исследуемых показателей стабилограммы при проведении пробы Ромберга (глаза закрыты) в основной группе в начале и в конце тренировочного периода, выраженная в процентах (* – $p<0,05$).

Следовательно, по завершении исследуемого тренировочного периода у юношей футболистов возрастал регуляторный вклад парасимпатической составляющей, что приводило к пространственной стабилизации статокинезиограммы и снижении энергозатрат в поддержании баланса тела.

Для выявления выраженности и направленности взаимосвязи показателей ВСР и статокинезиограммы был проведен корреляционный анализ соответствующих показателей футболистов по завершении 1 месяца подготовительного периода.

В пробе Ромберга с открытыми глазами проявлялись корреляционные взаимосвязи: между вегетативным показателем ритма (ВПР) и длиной статокинезиограммы (L , мм) $r = 0,661$ ($p \leq 0,05$), ВПР и скоростью перемещения ОЦД (V , мм/с) $r = 0,661$ ($p \leq 0,05$), ВПР и работой (A , Дж) $r = 0,668$ ($p \leq 0,05$), ВПР и мощностью статокинезиограммы (P , мВт) $r = 0,668$ ($p \leq 0,05$).

Обнаруженные положительные корреляции между вегетативным показателем ритма и параметрами стабилометрии отражают взаимосвязь вегетативной регуляции и постурального контроля. Так как ВПР является интегральным параметром характеризующим симпатический тонус автономной нервной системы его возрастание будет приводить к дестабилизации постурального контроля за счет увеличения тонуса мышц и снижения проприоцептивной точности движений из-за перевозбуждения афферентных волокон.

Также, в пробе Ромберга с открытыми глазами обнаружены положительные взаимосвязи между низкочастотными колебаниями LF ($\text{мс}^2/\text{Гц}$) и показателем

длины статокинезиограммы $r = 0,587$ ($p \leq 0,05$), LF и площадью статокинезиограммы $r = 0,776$ ($p \leq 0,05$), LF и скоростью перемещения ОЦД $r = 0,587$ ($p \leq 0,05$).

Обнаруженные корреляции отражают влияние симпатовагального баланса на постуральный контроль а так как рост LF-компоненты ассоциирован с активацией симпатической нервной системы вызывающей с одной стороны нарушение барорефлекторной регуляции, а с другой стороны повышение мышечного тонуса особенно в м. *gastrocnemius* и м. *tibialis anterior*, что может приводить к росту микроколебаний тела [11]. Кроме того, усиление LF-компонента может приводить к появлению более резких корректирующих движений при выборе постуральных стратегий и возрастанию скорости перемещения ОЦД [12].

В условиях сенсорного дефицита при проведении пробы Ромберга с закрытыми глазами с помощью корреляционного анализа выявлена положительная взаимосвязь между ВПР и показателями длины статокинезиограммы $r = 0,654$ ($p \leq 0,05$), между ВПР и скоростью перемещения ОЦД $r = 0,646$ ($p \leq 0,05$). Также, проявилась положительная корреляция между ВПР и энергозатратами – работой (А, Дж) $r = 0,578$ ($p \leq 0,05$), ВПР и мощностью статокинезиограммы (Р, мВт) $r = 0,578$ ($p \leq 0,05$).

Отмеченные взаимосвязи убедительно демонстрируют, что при снижении расчетного значения ВПР, а следовательно, и вклада симпатической регуляции улучшаются пространственные характеристики статокинезиограммы, свидетельствующие о уменьшении колебаний ОЦД и энергозатрат испытуемых и соответственно о росте постурального баланса. Высокий тонус блуждающего нерва может улучшать проприоцептивную чувствительность за счет оптимизации перфузии мышц и суставных рецепторов, а избыточная симпатикотония, наоборот может увеличивать постуральные колебания, что может быть связано с гипервозбудимостью γ -мотонейронов и снижением точности сенсорной интеграции [13].

Таким образом при открытых глазах в пробе Ромберга проявляются взаимосвязи с показателями ВСР, которые характерны и для пробы с закрытыми глазами, что указывает на универсальность зависимости показателей статокинезиограммы и симпто-парасимпатического регуляторного соотношения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, тренировочные мероприятия футболистов должны приводить к улучшению показателей постурального баланса и сдвигать регуляторное соотношение ВСР в сторону усиления парасимпатического регуляторного вклада. В целом, результаты проведенного исследования обосновывают эффективность использования стабилометрии и показателей ВСР, не только, как способа оценки постурального баланса и уровня симпто-парасимпатической модуляции, а также в качестве оценочной модели эффективности тренировочного процесса у спортсменов футболистов.

Работа выполнена на базе кафедры теории и методики физической культуры, факультет медицинской реабилитации, физической культуры и спорта, Ордена Трудового Красного Знамени Медицинский институт имени С. И. Георгиевского и НКЦ «Технологии здоровья и реабилитации».

Список литературы

1. Paillard T. Relationship Between Sport Expertise and Postural Skills / T. Paillard // Frontiers in Psychology. – 2019. –Vol. 10. – P. 1428.
2. Sarto F. A. Dual-tasking effects on static and dynamic postural balance performance: a comparison between endurance and team sport athletes / F. Sarto, G. Cona, F. Chiossi, A. Paoli, P. Bisacchi, E. Patron, G. Marcolin // PeerJ. – 2020. – №8. – P. 9765.
3. Нопин С. В. Характеристики постурального контроля движений спортсменов различных видов спорта с позиции формирования двигательного динамического стереотипа / С. В. Нопин, Ю. В. Корягина, Ю.В. Кушнарева // Современные вопросы биомедицины. – 2022. – Т.6, №2(19) – С. 370–375.
4. Koivunen, K., Autonomic nervous system and postural control regulation during orthostatic test as putative markers of physical resilience among community-dwelling older adults / K. Koivunen, A. Löppönen, L. Palmberg, T. Rantanen, T. Rantanen, L. Karavirta // Exp Gerontol. – 2023. – Vol. 182. – P.112292.
5. Guskiewicz K. M. Balance assessment in the management of sport-related concussion / K. M. Guskiewicz // Clin Sports Med. – 2011.– Jan;30(1):89-102, ix.
6. Голубева Е. К. Периферическая гемодинамика и вариабельность сердечного ритма при постуральных изменениях у студенток / Е. К. Голубева, Д. А. Скорлупкин, А. А. Булынина // Современные вопросы биомедицины. – 2024. – Т.8, №2. – С. 51–58.
7. Скорлупкин Д. А. Особенности кардиоритма при постуральных изменениях в зависимости от реактивности вегетативных центров / Д. А. Скорлупкин, Е. К. Голубева, Л. Л. Ярченкова // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Медицина. – 2023. – Т. 27, № 3. – С. 305–317.
8. Тишутин Н. А. Постуральный баланс при выполнении теста Ромберга у футболистов с различными типами вегетативной регуляции / Н. А. Тишутин // Журнал медико-биологических исследований. – 2024. – Т. 12, № 1. – С. 60–69.
9. Granero-Gallegos A. HRV-Based Training for Improving $\text{VO}_{2\text{max}}$ in Endurance Athletes. A Systematic Review with Meta-Analysis. / A. Granero-Gallegos, A. González-Quílez, D. Plews, M. Carrasco-Poyatos // Int J Environ Res Public Health. – 2020 Oct 30. – Vol. 17(21) – P.7999.
10. Баевский Р. Анализ вариабельности сердечного ритма: физиологические основы и основные методы проведения / Р. Баевский, А. Черникова // Cardiometry. – 2017. – №10. – С. 66–76.
11. Roerdink M. Effects of plantar-flexor muscle fatigue on the magnitude and regularity of center-of-pressure fluctuations / M. Roerdink, P. Hlavackova, N. Vuillerme // Exp Brain Res. – 2011. – Vol. 212(3). – P. 471–6.
12. Peterka R. J. Sensorimotor integration in human postural control / R. J. Peterka, // J. Neurophysiol. – 2002. – Vol.88. – P. 1097–1118.
13. 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 Ageing. – 2006. – 35, Suppl 2. – ii7-ii11.

**CORRELATION BETWEEN HEART RATE VARIABILITY PARAMETERS
AND STABILOMETRIC INDICATORS IN YOUNG FOOTBALL PLAYERS**

Nagaeva E. I., Husainov D. R., Biryukova E. A., Mishin N. P., Gubskaya V. A.

V. I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Russia
E-mail: enagaeva75@mail.ru

The relationship between heart rate variability (HRV) and postural indicators continues to be actively studied in both women and men under various conditions. In

professional football players, the type of autonomic regulation has been found to influence the success of adaptation to increasingly complex postural tasks. Based on the literature, we hypothesized that during the training process, young male football players would demonstrate an improvement in postural balance, accompanied by an enhancement in the balance of regulatory processes, including those in the autonomic nervous centers, which would be reflected in HRV indicators. Consequently, significant correlations between the Romberg test parameters and HRV measures would be observed, potentially forming the basis for an evaluative method to assess the effectiveness of the training process.

In accordance with this hypothesis, the aim of the study was formulated: to identify correlation relationships between stabilometric parameters from the Romberg test and HRV in football players after one month of the preparatory training period.

The study involved 18 male participants aged 18–20 years – members of the “KFU-1” team of the National Student Football League, who comprised the main group. The control group consisted of 14 male volunteers aged 18–20 years who did not engage in sports. The athletes’ responses to training loads and the correlation between stabilometric postural balance indicators and heart rate variability parameters were analyzed.

The results revealed that at the end of the training period, there was an increase in the regulatory contribution of the parasympathetic component of the autonomic nervous system in the young football players. This led to spatial stabilization of the statokinesiogram and a reduction in energy expenditure required to maintain body balance.

To determine the strength and direction of the relationship between HRV and statokinesiogram parameters, a correlation analysis was conducted on the respective indicators of the football players after one month of the preparatory period.

The identified correlations indicate that a decrease in the calculated autonomic rhythm index, and thus a decrease in sympathetic regulation, is associated with improved spatial characteristics of the statokinesiogram. This suggests reduced center of pressure sway and energy expenditure, and, accordingly, an increase in postural balance. In the Romberg test with eyes open, correlations with HRV indicators were similar to those found in the test with eyes closed. This indicates the universal nature of the relationship between statokinesiogram measures and the sympatho-parasympathetic regulatory balance. The study results confirm the effectiveness of stabilometry as a method for assessing postural balance and the level of sympatho-parasympathetic modulation, as well as for evaluating the effectiveness of the training process in football players.

Keywords: heart rate variability, postural balance, static equilibrium, football players, parasympathetic regulation.

References

1. Paillard Thierry. Relationship Between Sport Expertise and Postural Skills, *Frontiers in Psychology*, **10**, 1428 (2019).
2. Sarto F., Cona G., Chiassi F., Paoli A., Bisacchi P., Patron E., Marcolin G. Dual-tasking effects on static and dynamic postural balance performance: a comparison between endurance and team sport athletes, *PeerJ*, **8**, e9765 (2020).

3. Nopin S. V., Koryagina Yu. V., Kushnareva Yu. V. Characteristics of postural movement control of athletes of various sports from the perspective of motor dynamic stereotype formation, *Modern issues of biomedicine*, **6**, 2(19), 370 (2022).
4. Koivunen K., Löppönen A., Palmberg L., Rantalainen T., Rantanen T., Karavirta L. Autonomic nervous system and postural control regulation during orthostatic test as putative markers of physical resilience among community-dwelling older adults, *Exp Gerontol*, **15**, 182, 112292 (2023).
5. Guskiewicz K. M. Balance assessment in the management of sport-related concussion, *Clin Sports Med*, **30**(1), 89 (2011).
6. Golubeva E. K., Skorlupkin D. A., Bulynina A. A. Peripheral hemodynamics and heart rate variability in postural changes in female students, *Modern issues of biomedicine*, **8**, (2), 51 (2024).
7. Skorlupkin D. A., Golubeva E. K., Yarchenkova L. L. Features of cardiorhythm in postural changes depending on the reactivity of vegetative centers, *Bulletin of the Peoples' Friendship University of Russia. Series: Medicine*, **27**, (3), 305 (2023).
8. Tishutin N. A. Postural balance during the Romberg test in football players with various types of autonomic regulation, *Journal of Biomedical Research*, **12**(1), 60 (2024).
9. Granero-Gallegos A., González-Qulez A., Plews D., Carrasco-Poyatos M. HRV-Based Training for Improving VO_{2max} in Endurance Athletes. A Systematic Review with Meta-Analysis. *Int J Environ Res Public Health*, **17**(21), 7999 (2020).
10. Bayevsky R., Chernikova A. Analysis of heart rate variability: physiological principles and basic methods of conducting. *Cardiometry*, **10**, 66 (2017).
11. Roerdink M., Hlavackova P., Vuillerme N. Effects of plantar-flexor muscle fatigue on the magnitude and regularity of center-of-pressure fluctuations, *Exp Brain Res*, **212**(3), 471 (2011).
12. Peterka R. J. Sensorimotor integration in human postural control, *J.Neurophysiol*, **88**, 1097 (2002).
13. Horak F. B. Postural orientation and equilibrium: what do we need to know about neural control of balance to prevent falls? *Age Ageing*, **35**, 2, ii7(2006).