

УДК 612.176.4. 612.143. 796.332

DOI 10.5281/ZENODO.19657818

ТИПЫ ОРТОСТАТИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ АРТЕРИАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ И ВЕГЕТАТИВНОЙ РЕГУЛЯЦИИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА У ФУТБОЛИСТОВ В ДИНАМИКЕ ТРЕНИРОВОЧНОГО МЕЗОЦИКЛА

Терехов П. А., Киндюхин Е. А., Радзевский А. А.

***ФГБОУ ВО «Смоленский государственный университет спорта», Смоленск, Россия
E-mail: terechov_86@mail.ru***

В статье представлены исследования показателей артериального давления и кардиоинтервалографии на 22 футболистах основного и запасного состава в динамике тренировочного мезоцикла на гравитационную нагрузку. В начале эксперимента вне зависимости от доминирующего типа вегетативной регуляции сердечного ритма и уровня подготовки у спортсменов на активный ортостаз отмечены нормированные сдвиги. В конце мезоцикла у лиц с преобладанием автономного (парасимпатического) звена управления, выявлена единая гипертензивная реакция. У атлетов же с доминированием центрального (симпатического) контура регуляции ритма сердца, обнаружены гипотензивные изменения артериального давления, а в анализе кардиоинтервалографии отмечены парадоксальные сдвиги, что требует оперативного медико-биологического контроля их профессиональной деятельности на соревновательном периоде.

Ключевые слова: артериальное давление, вариабельность сердечного ритма, типы регуляции, ортостаз, коэффициент реакции, футболисты.

ВВЕДЕНИЕ

Анализ ортостатических реакций необходим при оценке функционального состояния сердечно-сосудистой системы, поскольку физиологические реакции, возникающие на данный стресс для организма человека напрямую отражают нейрогуморальные механизмы регуляции кровообращения в процессе его эволюционной деятельности. Суть обозначенных закономерностей направлена на компенсацию в вертикальном положении тела систолического объема крови, частоты сердечных сокращений, артериального давления в ответ на депонирование венозной крови в нижней части тела при самостоятельном и активном вставании под влиянием гравитационных сил [1, 2]. В случае неадекватности регуляторных механизмов нарушается церебральный кровоток, барорецепторная чувствительность, вазоконстрикция сосудов, что может привести в конечном итоге к состоянию ортостатической неустойчивости в виде крайних его проявлений вазовагального обморока либо гипертензивной реакции [3, 4]. Первичная их профилактика чрезвычайно актуальна для спортсменов, в связи с потенцированием

подобных патологических проявлений на фоне скрытого утомления, после регулярных тренировочных занятий.

Цель работы – изучить адаптивные механизмы сердечно-сосудистой и вегетативной нервной системы футболистов 18–22 лет на активный ортостаз в динамике тренировочного мезоцикла.

Задачи исследования:

1) Определить типы реакций артериального давления атлетов на гравитационный стресс в зависимости от доминирующего типа вегетативной регуляции сердечного ритма в динамике эксперимента;

2) Выявить сдвиги в механизмах адаптации вегетативной нервной системы у футболистов на изменение положения тела в пространстве, с учетом типологических особенностей вариабельности ритма сердца в процессе исследования;

3) Оценить коэффициенты реакции у спортсменов на основе дифференцированного подхода в динамике ортостаза в переходном периоде и установившемся процессе за всю запись наблюдения.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В проспективном исследовании приняли участие 22 спортсмена (мужского пола, 18–22 лет) основного (n=11, квалификации КМС и I-спортивного разряда) и запасного (n=11, II и III спортивного разряда) состава сборной ФГБОУ ВО «СГУС» по футболу на специально-подготовительном (с 20.01 по 18.04.2025 г.) этапе подготовки к кубку «Союз Федераций футбола «Центр».

Масса тела атлетов в начале работы составляла $76,5 \pm 3,4$ кг, а рост $178,2 \pm 4,5$ см, соответственно, и достоверно данные параметры не изменялись по ходу эксперимента. Учет игровых амплуа не проводился, поскольку защитники (n=8), полузащитники (n=8) и нападающие (n=6), участвовавшие в эксперименте, тренировались по единому плану в рамках анализируемого периода, за исключением вратарей у которых была отдельная программа подготовки с персональным тренером. Физиологического смысла их включения в исследование не было, исходя из малочисленности состава и исходно более низкого уровня физической подготовки, в сравнении с полевыми игроками.

Измерение систолического (САД) и диастолического (ДАД) артериального давления проводили с помощью медицинского тонометра Omron (Япония) в исходном положении сидя, лежа (клиностаз) и стоя на 1, 3, 5 минутах ортостаза.

Для оценки динамики вегетативного обеспечения клино-ортостатических воздействий на начальных и заключительных этапах специально-подготовительного периода проводили регистрацию кардиоинтервалограмм (КИГ, устройство «Варикард 2.6» с отечественным ПО «Иским-6», г. Рязань, РФ, эпоха регистрации каждой записи составляла 300 с.) с последующим анализом принятых амплитудно-частотных и спектральных характеристик вариабельности сердечного ритма (ВСР). Запись КИГ проводилась при положении спортсмена, полулежа в кресле, лежа и стоя, следуя принятым рекомендациям [5, 6]. Учитывались следующие индикаторы: $TP, \text{ мс}^2$ – общая мощность спектра ВСР; HF и LF, VLF мс^2 – мощность высоко-,

низко- и очень низкочастотной области спектра, отражают активность парасимпатического отдела, симпато-парасимпатического барорефлекторного контроля и центральных гипоталамических механизмов регуляции соответственно; LF/HF, усл. ед. – индекс вагосимпатического равновесия; АМо, % – амплитуда моды; SI, усл. ед. – стресс-индекс; MxDMn, мс – вариационный размах КИГ.

С целью качественной диагностики функционального состояния провели разделение участников исследования на типы ВСР, алгоритм, предложенный Н. И. Шлык [7]. Среди всех спортсменов, участвовавших в эксперименте, были обнаружены представители только I и III типов регуляции, то есть с умеренным доминированием центрального и автономного его контуров. Так, среди атлетов, основного состава их соотношение было 36,4 % (n=4) к 63,6 % (n=7), а среди запасного состава 45,5 % (n=5) к 54,5 % (n=6), соответственно.

Статистическая обработка материала проведена с помощью пакета программы «IBM SPSS Statistics 19», для Windows (StatSoft, Inc., USA). Проверка на нормальность и гомогенность распределения данных проводилась с применением критерия Шапиро-Уилка (ShapiroWilk's W test). Для количественных показателей, имеющих нормальное распределение, проводился расчет средних арифметических (M) и стандартных отклонений (SD). Для величин в нормально распределенных совокупностях рассчитывался t-критерий Стьюдента. При отсутствии нормального распределения, вычисляли медиану (Me), с межквартильным диапазоном (IQR), нижний и верхний квартили (25 % и 75 %) (Me [Q25–Q75]), рассчитывался T-критерий Вилкоксона.

Для выявления динамики изменения изученных характеристик рассчитывался относительный сдвиг или «взвешенная дельта» ($\Delta\epsilon = x_1 - x_2 / x_1 * 100\%$), где x_1 – исходное (сидя) значение артериального давления, x_2 – измерение того же индикатора при смене положения тела в клиностазе и ортостазе (таблицы 1-2), затем после регистрации ВСР (таблицы 3–6), в завершении представлена оценка различных коэффициентов реакции на гравитационную нагрузку в начале и конце тренировочного мезоцикла (таблица 7–8).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В начале исследования, с целью поэтапного анализа реакции ССС на изменение положения тела, оценки промежуточных клино-ортостатических параметров были выявлены фоновые значения АД в положении сидя, в наиболее оптимальных (привычных) условиях для его измерения. У представителей III типа ВСР основного состава сборной по футболу (таблица 1) они составили в САД – $108,1 \pm 4,7$, ДАД – $64,3 \pm 5,8$, ЧСС – $54,1 \pm 5,8$, что характеризовало исходную спортивную ваготонию и брадикардию, по сравнению с нетренированными людьми [8].

В процессе клиностаза изученные индикаторы гемодинамики имели тенденцию к снижению, поскольку сердцу легче перекачивать кровь в горизонтальном положении. В то время как, последующий ортостатический стресс выявил статистически значимые различия лишь в увеличении САД в артериях, в момент сокращения сердца, на первой к пятой минуте восстановления на 7,6 % ($p < 0,05$). Также отмечено тенденциозное повышение ДАД и ЧСС, что характеризовало

ТИПЫ ОРТОСТАТИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ АРТЕРИАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ ...

нарастающее сопротивление периферических сосудов, потому что при изменении положения тела у спортсменов до 15 % крови депонируется в венах нижних конечностей [9].

Таблица 1

Динамика артериального давления и частоты сердечных сокращений футболистов основного состава III и I типами ВСР в процессе тренировочного мезоцикла, $M \pm SD$

Давление	И.П. сидя (1)	Клиностаз (2)	Ортостаз 1 мин. (3)	Ортостаз 3 мин. (4)	Ортостаз 5 мин. (5)	p
в начале тренировочного мезоцикла						
САД, III тип	108,1 $\pm$ 2,4	105,1 $\pm$ 1,7	102,5 $\pm$ 1,9	107,2 $\pm$ 2,1	110,3 $\pm$ 2,4	3-5*
ДАД, III тип	64,3 $\pm$ 2,5	62,3 $\pm$ 2,3	65,1 $\pm$ 1,8	64,8 $\pm$ 2,8	65,7 $\pm$ 2,3	–
ЧСС, III тип	54,1 $\pm$ 2,4	52,3 $\pm$ 1,8	54,1 $\pm$ 2,2	55,1 $\pm$ 2,4	55,7 $\pm$ 2,5	–
САД, I тип	112,3 $\pm$ 1,7	110,3 $\pm$ 1,5	108,1 $\pm$ 1,6	111,2 $\pm$ 2,3	114,8 $\pm$ 2,9	–
ДАД, I тип	68,5 $\pm$ 3,2	65,5 $\pm$ 3,8	70,5 $\pm$ 7,6	66,5 $\pm$ 3,8	71,2 $\pm$ 3,7	2-3*
ЧСС, I тип	57,3 $\pm$ 2,6	55,4 $\pm$ 2,4	62,4 $\pm$ 2,3	57,2 $\pm$ 2,1	59,7 $\pm$ 2,3	2-3**
в конце тренировочного мезоцикла						
САД, III тип	110,3 $\pm$ 2,7	107,2 $\pm$ 2,5	112,3 $\pm$ 1,5	115,5 $\pm$ 2,1	119,7 $\pm$ 2,8	1-5*; 2-5**
ДАД, III тип	67,1 $\pm$ 2,5	65,2 $\pm$ 2,3	70,4 $\pm$ 2,8	71,8 $\pm$ 2,4	72,3 $\pm$ 2,1	1-5*; 2-5**
ЧСС, III тип	56,4 $\pm$ 2,3	53,4 $\pm$ 1,8	58,6 $\pm$ 2,8	60,3 $\pm$ 2,4	62,4 $\pm$ 2,3	2-3*; 2-4**; 2-5**; 1-5**
САД, I тип	115,1 $\pm$ 1,6	112,1 $\pm$ 2,5	110,1 $\pm$ 2,3	108,3 $\pm$ 2,5	107,2 $\pm$ 2,3	1-5*
ДАД, I тип	70,3 $\pm$ 2,5	67,4 $\pm$ 2,6	65,3 $\pm$ 2,6	63,4 $\pm$ 2,1	62,5 $\pm$ 1,7	1-5**; 2-5**
ЧСС, I тип	60,5 $\pm$ 2,7	58,3 $\pm$ 2,8	60,1 $\pm$ 2,4	61,2 $\pm$ 2,4	62,1 $\pm$ 2,2	–

Примечание: здесь и далее * – различия статистически достоверны при $p < 0,05$;

** – различия статистически достоверны при $p < 0,01$

Поскольку восстановление показателей произошло за первые 60 секунд по отношению к клиностазу, то данный тип ответа на гравитационную нагрузку отражал мобильную компенсаторную реакцию организма атлетов с умеренным

доминированием автономного контура регуляции и соответствовал величине оптимальной нормализации [10].

В то же время у представителей I типа ВСР основного состава университетской сборной по футболу изученные параметры в положении сидя составили в САД – $112,3 \pm 4,7$, ДАД – $68,5 \pm 3,8$, ЧСС – $57,3 \pm 4,6$, и были тенденциозно выше на 3,8–6,5 % ($p > 0,05$) по сравнению с атлетами III типа ВСР на аналогичном этапе измерения. Более того, адаптивная реакция АД на ортостатический стресс у лиц с доминированием центрального контура вегетативной регуляции оказалась более выраженной. Так, на первой минуте принятия вертикального положения тела статистически значимо выросли показатели диастолического давления на 7,7 % ($p < 0,05$) и ЧСС на 12,6 % ($p < 0,01$), при тенденциозном снижении САД на 2,9 % ($p > 0,05$).

Несмотря на то, что данные индикаторы выравнивались лишь к 3-минуте после вставания по отношению к данным клиностаза, тем не менее, отмеченные их временные сдвиги соответствовали критериям классической нормализации на воздействие гравитационной нагрузки [11].

Что касается комплексной реакции автономной нервной системы на ортостаз у футболистов к концу эксперимента, то выявлены начальные проявления патологических отклонений в обеих группах.

Так у представителей III типа ВСР основного состава сборной, ортостатический стресс приводил к достоверному повышению САД к 5 минуте периода восстановления на 11,6 % ($p < 0,01$) и их значений ко вторым фоновым критериям в положении сидя на 8,5 % ($p < 0,05$). Параметры ДАД также выражено выросли после активного вставания в тех же временных отрезках регистрации, что и сдвиги систолического артериального давления на 10,8 % ($p < 0,01$) и 7,7 % ($p < 0,05$), соответственно. Значения ЧСС непосредственно после гравитационной нагрузки существенно увеличивались от первой к пятой минуте измерения от 9,7 % ($p < 0,05$) до 16,8 % ($p < 0,01$). Достоверные различия были также обнаружены при сравнении дельт частоты сердечных сокращений в положении сидя к концу последней минуты анализируемого отрезка ортостаза на 10,5 % ($p < 0,01$). Обнаруженные сдвиги изученных параметров свидетельствовали о наступлении ранних признаков гипертензивной реакции на ортостатический стресс, в результате избыточной стимуляции симпатической нервной системы и последующей вазоконстрикции сосудов.

У футболистов же с доминированием I типа ВСР основного состава сборной отмечены противоположные изменения на гравитационную нагрузку в виде тревожных сигналов в форме синдрома ортостатической неустойчивости и снижения системного артериального давления. Так значения САД, в положении сидя, были достоверно ниже на 6,8 % ($p < 0,05$), а ДАД на 11,1 % ($p < 0,01$) по отношению к их величине на 5 минуте ортостаза. Более того, конечные изменения диастолического артериального давления существенно уменьшились на 7,3 % ($p < 0,05$) к их параметрам в клиностазе.

Обнаруженная ответная реакция организма футболистов с доминированием I типа ВСР основного состава университетской сборной на гравитационную

ТИПЫ ОРТОСТАТИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ АРТЕРИАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ ...

нагрузку свидетельствовала о нарушениях функций барорефлекса, мягкой симпатической дисфункции в результате ежедневных тренировок в избранном виде спорта при подготовке к соревновательному периоду.

В дальнейшем (таблица 2) представлена динамика измерения артериального давления и частоты сердечных сокращений футболистов запасного состава сборной университета с III и I типами ВСР в процессе тренировочного мезоцикла.

Таблица 2
Динамика артериального давления и частоты сердечных сокращений
футболистов запасного состава с III и I типами ВСР
в процессе тренировочного мезоцикла, М±SD

Давление	И.П. сидя (1)	Клиностаз (2)	Ортостаз 1 мин. (3)	Ортостаз 3 мин. (4)	Ортостаз 5 мин. (5)	p
в начале тренировочного мезоцикла						
САД, III тип	110,4±2,3	106,4±2,8	103,5±3,1	108,2±2,6	112,4±1,9	3-5*
ДАД, III тип	66,2±2,2	63,7±2,4	66,1±1,7	66,8±2,4	67,2±2,3	–
ЧСС, III тип	55,7±2,5	53,1±1,9	56,7±2,6	57,4±2,5	58,2±1,7	2-5*
САД, I тип	114,1±2,3	112,6±1,9	109,4±2,4	112,3±2,5	115,3±1,8	–
ДАД, I тип	70,3±2,4	68,2±3,2	74,3±1,6	73,1±1,8	72,6±1,5	2-3*
ЧСС, I тип	59,2±3,3	57,8±2,3	66,3±4,5	61,5±2,4	60,8±2,6	2-3**
в конце тренировочного мезоцикла						
САД, III тип	113,2±2,9	110,5±2,1	114,5±1,7	118,2±2,3	124,2±3,4	1-5*; 2-4*; 2-5**
ДАД, III тип	69,3±2,7	67,8±2,4	72,7±2,9	74,3±2,6	75,3±2,5	1-5*; 2-4*; 2-5**
ЧСС, III тип	57,3±2,5	55,6±1,9	61,7±3,2	63,1±2,6	65,1±2,1	2-3**; 2-4**; 2-5**; 1-5**
САД, I тип	118,3±3,2	107,4±2,7	110,1±4,3	108,3±2,5	106,2±2,9	1-2*; 1-4*; 1-5**
ДАД, I тип	72,5±2,6	66,3±2,1	69,3±2,6	68,4±2,1	67,5±1,7	1-2*
ЧСС, I тип	62,1±2,8	56,4±2,4	58,3±2,4	59,1±2,2	60,4±1,5	1-2*

Так у представителей с доминированием автономного контура вегетативной регуляции (III тип) в начале исследования, достоверное повышение САД произошло лишь в ортостазе от первой к пятой минуте на 8,5 % ($p < 0,05$). В то время как в сдвигах ДАД существенных изменений во всех регистрируемых отрезках времени не было ($p > 0,05$). Изменения в ЧСС выражено увеличились только от фиксируемой точки клиностаза к 5 минуте ортостаза на 9,6 % ($p < 0,05$). Исходя из того, что выше обозначенные индикаторы выравнивались лишь к 3-минуте после вставания по отношению к данным клиностаза, они были оценены в рамках критерия классической нормализации на ортостаз.

У атлетов с доминированием центрального контура вегетативной регуляции (I тип) в начале исследования параметры гемодинамики в положении сидя составили в САД – $114,1 \pm 2,3$, ДАД – $70,3 \pm 2,4$, ЧСС – $59,2 \pm 3,3$ и были тенденциозно выше на 3,4–6,3 % ($p > 0,05$) по сравнению с атлетами III типа на аналогичном этапе измерения. Исходя из этого, адаптивная реакция АД на ортостатический стресс у лиц с доминированием центрального контура вегетативной регуляции оказалась более выраженной.

Так, на первой минуте принятия вертикального положения тела статистически значимо выросли показатели диастолического давления на 8,9 % ($p < 0,05$) и ЧСС на 15,4 % ($p < 0,01$). Наличие лишь тенденциозного повышения САД свидетельствовало об изотоническом типе реакции на активный ортостаз. Более того также отражало равнозначную адаптацию ССС к воздействию гравитационной нагрузки на организм атлетов с доминированием центрального контура вегетативной регуляции, эффективную компенсацию срочного уменьшения притока крови к сердцу в начале подготовительного цикла.

Влияние тренировочного процесса у футболистов запасного состава сборной университета с III и I типами ВСР отразилось в проявлении патологических реакций на активный ортостаз по сдвигам систолического, диастолического давления и частоты сердечных сокращений.

Так у представителей с умеренным преобладанием автономного контура регуляции, гравитационная нагрузка приводила к достоверному повышению САД к 4 и 5 минуте периода восстановления на 6,9 % ($p < 0,05$) и 12,4 % ($p < 0,01$) и их значений ко вторым фоновым критериям в положении сидя на 9,7 % ($p < 0,05$). Параметры ДАД также значимо выросли после активного вставания в тех же временных отрезках регистрации, что и сдвиги систолического артериального давления на 9,5 % ($p < 0,05$), 11,1 % ($p < 0,01$) и 8,6 % ($p < 0,05$), соответственно. Значения ЧСС непосредственно после гравитационной нагрузки существенно увеличивались от первой к пятой минуте измерения от 10,9 % до 17,1 %, во всех случаях ($p < 0,01$). Достоверные различия были также обнаружены при сравнении дельт частоты сердечных сокращений в положении сидя к концу последней минуты анализируемого отрезка ортостаза на 13,6 % ($p < 0,01$). Обнаруженные сдвиги изученных параметров свидетельствовали о наступлении более выраженных проявлений гипертензивной реакции на ортостатический стресс у атлетов III типа ВСР запасного состава университетской сборной по футболу, по сравнению с

представителями основного состава и отражали перенапряжение их организма, наличие существенных вазомоторных изменений, перегрузку регуляторных систем.

У спортсменов с доминированием умеренного центрального контура регуляции запасного состава сборной отмечены противоположные изменения на ортостаз в виде гипотензивной реакции синдрома ортостатической неустойчивости артериального давления.

Так значения САД, ДАД, ЧСС в положении сидя, достоверно снизились на 8,5–9,3 % ($p < 0,05$) по отношению к фону клиностаза. Более того, сдвиги систолического, диастолического давления и частоты сердечных сокращений имели лишь тенденционные изменения после вставания. Дополнительно, параметры САД на 3 и 5 минутах активного ортостаза были достоверно ниже значений в положении сидя на 8,4 % ($p < 0,05$) и 10,2 % ($p < 0,01$), соответственно.

Обнаруженная ответная реакция организма футболистов с доминированием I типа ВСР запасного состава сборной по футболу на гравитационную нагрузку свидетельствовала о замедленной адаптации, перетренированности организма и физическом утомлении в процессе реализации тренировочного мезоцикла.

В дальнейшем у футболистов основного состава с III и I типами ВСР были проанализированы основные параметры амплитудно-частотного, спектрального анализа КИГ в начале тренировочного мезоцикла.

Установлено (таблица 3), что у атлетов с преобладанием умеренного автономного контура регуляции параметры вариационного размаха в положении лежа оказались достоверно выше на 13,4 % ($p < 0,05$), а величина амплитуды моды существенно ниже на 23,2 % ($p < 0,05$) в сравнении с их значениями в промежуточном измерении (сидя). В то же время при сопоставлении данных клиностаза с ортостазом обнаружены более выраженные изменения вегетативной регуляции. Так, среди параметров амплитудно-частотного анализа ВСР значения вариационного размаха существенно снизились на 14,3 % ($p < 0,05$), а индикаторы стресс-индекса и амплитуды моды, отражающие активность симпатического отдела ВНС статистически значимо выросли на 26,5 % ($p < 0,05$) и 38,4 % ($p < 0,05$), соответственно. Из спектральных критериев вариационной пульсограммы на активный ортостаз отмечено выраженное снижение тотальной мощности на 10,8 % и вклада низкочастотных флуктуаций на 15,4 %, во всех случаях ($p < 0,05$).

Обнаруженная динамика ВСР у футболистов основного состава с доминированием умеренного автономного контура регуляции свидетельствовала о наилучшей (оптимальной) реакции их целостного организма на гравитационную нагрузку в начале тренировочного мезоцикла.

Что касается атлетов с равномерным преобладанием центрального контура регуляции (I тип ВСР), то установлены значимые различия между измерениями кардиоинтервалограмм в положениях лежа к сидя в повышении $MxDMn$ на 14,1 % ($p < 0,05$), снижении SI на 17,2 % ($p < 0,05$) и AMo на 25,6 % ($p < 0,05$). В тоже время, в спектральных критериях отмечены лишь тенденционные изменения, также как и у атлетов с III типом ВСР.

Таблица 3

Динамика вариабельности сердечного ритма футболистов основного состава с III и I типами ВСР в начале тренировочного мезоцикла, $M \pm SD$

Типы ВСР	$M \pm DM_n$	SI	AMo	TP	HF	LF	VLF	LF/HF
в начале тренировочного мезоцикла								
И.П. сидя, III тип	357,3 $\pm 12,1$	40,2 $\pm 5,3$	36,2 $\pm 2,4$	6131 ± 175	2985 ± 153	2763 ± 146	262,1 $\pm 15,4$	0,92 $\pm 0,07$
Клиностаз, III тип	405,5 $\pm 14,1$	35,4 $\pm 4,1$	27,8 $\pm 1,6$	6425 ± 181	3162 ± 157	2857 ± 150	247,5 $\pm 12,3$	0,90 $\pm 0,05$
p	<0,05	>0,05	<0,05	>0,05	>0,05	>0,05	>0,05	>0,05
Клиностаз, III тип	405,5 $\pm 14,1$	35,4 $\pm 4,1$	27,8 $\pm 1,6$	6425 ± 181	3162 ± 157	2857 ± 150	247,5 $\pm 12,3$	0,90 $\pm 0,02$
Ортостаз, III тип	347,4 $\pm 11,7$	44,8 $\pm 5,2$	38,5 $\pm 5,2$	5725 ± 172	2675 ± 138	2631 ± 142	268,7 $\pm 16,4$	0,98 $\pm 0,03$
p	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	>0,05	>0,05	>0,05
в начале тренировочного мезоцикла								
И.П. сидя, I тип	207,3 $\pm 4,2$	124,7 $\pm 7,5$	51,5 $\pm 2,8$	5610 ± 161	2671 ± 143	2520 ± 138	305,7 $\pm 16,2$	0,94 $\pm 0,03$
Клиностаз, I тип	241,3 $\pm 3,6$	103,2 $\pm 5,6$	38,3 $\pm 2,4$	5945 ± 172	2890 ± 150	2652 ± 140	281,3 $\pm 17,1$	0,91 $\pm 0,02$
p	<0,05	<0,05	<0,05	>0,05	>0,05	>0,05	>0,05	>0,05
Клиностаз, I тип	241,3 $\pm 3,6$	103,2 $\pm 5,6$	38,3 $\pm 2,4$	5945 ± 172	2890 ± 150	2652 ± 140	281,3 $\pm 17,1$	0,91 $\pm 0,02$
Ортостаз, I тип	194,7 $\pm 2,4$	135,6 $\pm 7,1$	54,7 $\pm 5,6$	5225 ± 158	2359 ± 125	2455 ± 142	347,6 $\pm 18,2$	1,04 $\pm 0,03$
p	<0,05	<0,05	<0,01	<0,05	<0,05	>0,05	<0,05	<0,05

В то же время при сравнении показателей клиностаза к активному ортостазу выявлены более выраженные межтиповые сдвиги в сопоставлении с аналогичным периодом измерения. Так, параметры вариационного размаха снизились на 19,3 % ($p < 0,05$), стресс-индекса и амплитуды моды выросли на 31,3 % ($p < 0,05$) и 42,8 % ($p < 0,01$), соответственно. Из спектральных критериев, дельты суммарной мощности спектра уменьшилась на 12,1 %, высокочастотных колебаний на 18,3 %, а параметры очень низкочастотных флуктуаций и индекса вагосимпатического равновесия достоверно увеличились на 23,5 % и 14,2 %, во всех случаях ($p < 0,05$). Сдвиги низкочастотных колебаний имели тенденцию к снижению, как и у атлетов III типа ВСР, что указывало на уменьшение на 7,4 % ($p > 0,05$) активности вазомоторного центра в ответ на ортостатический стресс и достижение стандартной реакции их организма на вертикальное положение тела в начале тренировочного мезоцикла [12].

В дальнейшем были оценена динамика вариабельности сердечного ритма у футболистов основного состава с III и I типами ВСР по окончании подготовительного этапа подготовки.

Установлено (таблица 4), что у атлетов с доминированием умеренного автономного контура регуляции параметры вариационного размаха в положении лежа оказались достоверно выше на 16,5 % ($p < 0,05$), а величина стресс-индекса и амплитуды моды существенно ниже на 22,4–25,1 % ($p < 0,05$) по сравнению с результатами второго фонового измерения (сидя). Из показателей спектрального анализа, в отличие от данных в начале эксперимента, достоверно повысился на 10,5 % ($p < 0,05$) вклад высокочастотных флуктуаций, отражающий активацию парасимпатического звена ВНС.

Таблица 4

Динамика вариабельности сердечного ритма футболистов основного состава с III и I типами ВСР в конце тренировочного мезоцикла, $M \pm SD$

Типы ВСР	$M \pm DM_n$	SI	AMo	TP	HF	LF	VLF	LF/HF
в конце тренировочного мезоцикла								
И.П. сидя, III тип	322,1 $\pm 10,4$	53,5 $\pm 5,7$	43,5 $\pm 2,7$	5705 ± 162	2715 ± 117	2590 ± 140	287,5 $\pm 14,1$	0,95 $\pm 0,02$
Клиностаз, III тип	375,3 $\pm 12,8$	41,5 $\pm 4,7$	32,6 $\pm 2,3$	6105 ± 175	3001 ± 122	2802 ± 136	268,3 $\pm 10,5$	0,93 $\pm 0,01$
p	<0,05	<0,05	<0,05	>0,05	<0,05	>0,05	>0,05	>0,05
Клиностаз, III тип	375,3 $\pm 12,8$	41,5 $\pm 4,7$	32,6 $\pm 2,5$	6105 ± 175	2981 ± 122	2802 ± 136	268,3 $\pm 10,5$	0,93 $\pm 0,05$
Ортостаз, III тип	298,6 $\pm 11,7$	57,8 $\pm 6,3$	47,2 $\pm 5,7$	5542 ± 134	1962 ± 124	3145 ± 130	371,5 $\pm 19,2$	1,61 $\pm 0,07$
p	<0,05	<0,05	<0,01	<0,05	<0,01	<0,05	<0,05	<0,01
в конце тренировочного мезоцикла								
И.П. сидя, I тип	215,5 $\pm 3,5$	145,4 $\pm 7,7$	49,7 $\pm 2,3$	5578 ± 161	2554 ± 143	2517 ± 138	423,7 $\pm 16,2$	0,98 $\pm 0,02$
Клиностаз, I тип	232,6 $\pm 3,1$	137,1 $\pm 6,2$	45,6 $\pm 2,1$	5624 ± 156	2612 ± 143	2541 ± 137	365,4 $\pm 19,2$	0,97 $\pm 0,01$
p	>0,05	>0,05	>0,05	>0,05	>0,05	>0,05	<0,05	>0,05
Клиностаз, I тип	232,6 $\pm 3,1$	137,1 $\pm 6,2$	45,6 $\pm 2,1$	5624 ± 156	2612 ± 143	2541 ± 137	365,4 $\pm 19,2$	0,97 $\pm 0,01$
Ортостаз, I тип	210,3 $\pm 2,6$	149,2 $\pm 7,5$	51,3 $\pm 3,4$	5101 ± 143	2484 ± 104	2045 ± 121	431,6 $\pm 18,2$	0,82 $\pm 0,04$
p	>0,05	>0,05	>0,05	<0,05	>0,05	<0,05	<0,05	<0,05

Однако при сравнении эмпирических данных клиностаза с ортостазом обнаружены более значимые различия вариабельности сердечного ритма. Так, среди параметров амплитудно-частотного анализа ВСР значения вариационного размаха существенно снизились на 20,4 % ($p < 0,05$), а индикаторы стресс-индекса и амплитуды моды повысились на 39,2 % ($p < 0,05$) и 44,7 % ($p < 0,01$), соответственно. Более того, в спектральном анализе кардиоинтервалограмм обнаружены

достоверные изменения во всех изученных маркерах. Так, значения ТР снизились на 9,2 % ($p < 0,05$), HF на 34,1 % ($p < 0,01$), при повышении LF на 12,2 % ($p < 0,05$), VLF на 38,4 % ($p < 0,05$), LF/HF на 73,1 % ($p < 0,05$). Обнаруженная динамика ВСР у футболистов основного состава с доминированием умеренного автономного контура регуляции свидетельствовала о чрезмерной (гипертрофированной) вегетативной реакции их организма на гравитационную нагрузку к окончанию тренировочного мезоцикла.

Что касается атлетов основного состава с равномерным преобладанием центрального контура регуляции (I тип ВСР), то установлены значимые различия между измерениями кардиоинтервалограмм в положениях лежа к сидя в снижении лишь вклада очень низкочастотных колебаний на 13,7 % ($p < 0,05$), отражающие гуморально-метаболические процессы в организме. В остальных индикаторах, как спектрального, так и амплитудно-частотного анализа достоверных изменений не обнаружено ($p > 0,05$).

Более того, при активном вставании существенные сдвиги по отношению к клиностазу произошли лишь в уменьшении суммарной мощности спектра на 9,3 %, уровня низкочастотных колебаний на 19,5 %, индекса вагосимпатического равновесия на 15,4 % и повышении сверх низкочастотных колебаний на 18,1 %, во всех случаях ($p < 0,05$). Обнаруженная динамика у футболистов основного состава с доминированием умеренного центрального контура регуляции свидетельствовала о замедленной адаптации (синдроме ортостатической неустойчивости) вегетативной реакции их организма на ортостаз в конце эксперимента.

В ходе дальнейшей работы (таблица 5) у футболистов запасного состава сборной университета с III и I типами были проанализированы основные параметры амплитудно-частотного, спектрального анализа кардиоинтервалограмм в начале тренировочного мезоцикла.

При сравнении дельт сидя-лежа у атлетов с доминированием умеренного автономного контура регуляции были выявлены достоверные различия исключительно в параметрах роста вариационного размаха на 16,5 % и снижения амплитуды моды на 25,5 %, во всех случаях ($p < 0,05$). Обнаруженная динамика ВСР при клиностазе у представителей III типа ВСР отражала повышенную активность парасимпатического звена ВНС над её симпатическим отделом в начале тренировочного мезоцикла.

В то же время при анализе КИГ на активный ортостаз были обнаружены более существенные сдвиги доминирования в величинах центрального контура управления. Так, значения их амплитудно-частотного анализа по данным вариационного размаха снизились на 17,2 % ($p < 0,05$), стресс-индекса на 32,3 % ($p < 0,05$), амплитуды моды на 41,5 % ($p < 0,01$). Из спектральных характеристик ВСР существенные изменения произошли в уменьшении суммарной мощности на 12,2 %, высокочастотных колебаниях на 16,1 % и увеличении уровня сверх низкочастотных флуктуаций на 13,6 %, во всех случаях ($p < 0,05$). В то же время выявленная динамика у футболистов III типа ВСР запасного состава сборной университета отражала естественные закономерности приспособительных проявлений на гравитационную нагрузку и свидетельствовала о наличии высоких

адаптивных резервов их организма в процессе продолжительных занятий в избранном спорте.

Таблица 5
Динамика вариабельности сердечного ритма футболистов запасного состава с III и I типами ВСР в начале тренировочного мезоцикла, $M \pm SD$

Типы ВСР	MxDMn	SI	AMo	TP	HF	LF	VLF	LF/HF
в начале тренировочного мезоцикла								
И.П. сидя, III тип	335,2 $\pm 11,5$	43,5 $\pm 5,2$	41,1 $\pm 2,2$	5925 ± 132	2812 ± 126	2714 ± 121	275,7 $\pm 12,6$	0,96 $\pm 0,03$
Клиностаз, III тип	390,4 $\pm 12,5$	38,1 $\pm 4,5$	30,6 $\pm 1,8$	6285 ± 142	3053 ± 146	2850 ± 142	256,2 $\pm 14,1$	0,93 $\pm 0,05$
p	<0,05	>0,05	<0,05	>0,05	>0,05	>0,05	>0,05	>0,05
Клиностаз, III тип	390,4 $\pm 12,5$	38,1 $\pm 4,5$	30,6 $\pm 1,8$	6285 ± 142	3053 ± 146	2850 ± 142	256,2 $\pm 14,1$	0,93 $\pm 0,05$
Ортостаз, III тип	323,1 $\pm 10,3$	50,4 $\pm 5,7$	43,3 $\pm 4,2$	5512 ± 125	2563 ± 125	2595 ± 127	291,2 $\pm 15,3$	1,01 $\pm 0,03$
p	<0,05	<0,05	<0,01	<0,05	<0,05	>0,05	<0,05	>0,05
в начале тренировочного мезоцикла								
И.П. сидя, I тип	200,5 $\pm 3,4$	138,3 $\pm 5,1$	55,7 $\pm 2,9$	5575 ± 154	2602 ± 143	2525 ± 138	322,6 $\pm 12,5$	0,97 $\pm 0,04$
Клиностаз, I тип	232,1 $\pm 3,6$	112,6 $\pm 3,5$	40,5 $\pm 2,7$	5820 ± 163	2805 ± 143	2603 ± 134	295,2 $\pm 14,3$	0,92 $\pm 0,02$
p	<0,05	<0,05	<0,05	>0,05	>0,05	>0,05	>0,05	>0,05
Клиностаз, I тип	232,1 $\pm 3,6$	112,6 $\pm 3,5$	40,5 $\pm 2,7$	5820 ± 163	2805 ± 143	2603 ± 134	295,2 $\pm 14,3$	0,92 $\pm 0,02$
Ортостаз, I тип	180,5 $\pm 2,1$	150,4 $\pm 7,5$	58,9 $\pm 4,3$	5031 ± 136	2210 ± 114	2378 ± 121	368,3 $\pm 15,7$	1,07 $\pm 0,03$
p	<0,05	<0,05	<0,01	<0,05	<0,05		<0,05	<0,05

Что касается атлетов запасного состава с умеренным преобладанием центрального контура регуляции (I тип ВСР), то установлены значимые различия между измерениями КИГ в положениях лежа к сидя в снижении SI на 18,5 %, AMo на 27,2 % и повышении MxDMn на 15,7 %, во всех случаях ($p < 0,05$). По данным индикаторов спектрального анализа достоверных изменений не произошло ($p > 0,05$).

При сравнении дельт ВСР при вертикальном положении тела обнаружены существенные сдвиги во всех изученных маркерах, за исключением LF. Из спектрального анализа кардиоинтервалограмм, параметры TP уменьшились на 13,6 %, HF на 21,2 %, при увеличении VLF на 24,8 % и LF/HF на 16,3 %, во всех случаях ($p < 0,05$). По данным амплитудно-частотных характеристик ВСР значения MxDMn снизились на 22,2 % ($p < 0,05$), при выраженном росте SI на 33,5 % ($p < 0,05$) и AMo на 45,4 % ($p < 0,01$).

Обнаруженная динамика изученных маркеров вариабельности сердечного ритма у футболистов запасного состава с умеренным преобладанием центрального контура регуляции (I тип ВСР) отражала более выраженные изменения в сторону мобилизации симпатического звена ВНС на ортостатический стресс, по сравнению с атлетами с доминированием автономного контура регуляции (III тип ВСР).

В ходе дальнейшей работы были оценены функциональные изменения ССС у футболистов запасного состава в конце подготовительного периода.

Установлено (таблица 6), что у атлетов запасного состава с доминированием умеренного автономного контура регуляции в клиностазе по отношению к сидящему положению достоверно выше оказались значения вариационного размаха на 18,7 % ($p < 0,05$), и ниже величины стресс-индекса и амплитуды моды на 33,1 % ($p < 0,01$) и 28,1 % ($p < 0,05$), соответственно.

Таблица 6
Динамика вариабельности сердечного ритма футболистов запасного состава с III и I типами ВСР в конце тренировочного мезоцикла, $M \pm SD$

Типы ВСР	$M \pm DMn$	SI	AMo	TP	HF	LF	VLF	LF/HF
в конце тренировочного мезоцикла								
И.П. сидя, III тип	304,2 $\pm 7,4$	75,2 $\pm 5,1$	47,6 $\pm 2,8$	5761 ± 115	2640 ± 110	2673 ± 114	315,7 $\pm 12,6$	1,01 $\pm 0,03$
Клиностаз, III тип	361,2 $\pm 8,7$	50,3 $\pm 4,5$	34,2 $\pm 2,2$	6053 ± 125	2885 ± 132	2813 ± 130	294,5 $\pm 11,6$	0,97 $\pm 0,03$
p	<0,05	<0,01	<0,05	>0,05	>0,05	>0,05	>0,05	>0,05
Клиностаз, III тип	361,2 $\pm 8,7$	50,3 $\pm 4,5$	34,2 $\pm 2,2$	6053 ± 125	2885 ± 132	2813 ± 130	294,5 $\pm 11,6$	0,97 $\pm 0,03$
Ортостаз, III тип	275,5 $\pm 9,3$	78,6 $\pm 6,2$	51,2 $\pm 3,7$	5435 ± 117	1657 ± 120	3280 ± 124	431,6 $\pm 13,1$	1,98 $\pm 0,03$
p	<0,05	<0,01	<0,01	<0,05	<0,01	<0,05	<0,01	<0,01
в конце тренировочного мезоцикла								
И.П. сидя, I тип	176,7 $\pm 2,8$	162,1 $\pm 4,7$	65,7 $\pm 5,1$	5257 ± 132	2315 ± 117	2435 ± 120	402,5 $\pm 14,1$	1,05 $\pm 0,02$
Клиностаз, I тип	219,6 $\pm 3,4$	127,6 $\pm 3,8$	45,1 $\pm 4,2$	5517 ± 141	2582 ± 127	2520 ± 124	336,1 $\pm 15,8$	0,97 $\pm 0,03$
p	<0,05	<0,05	<0,05	>0,05	<0,05	>0,05	<0,05	>0,05
Клиностаз, I тип	219,6 $\pm 3,4$	127,6 $\pm 3,8$	45,1 $\pm 4,2$	5517 ± 141	2582 ± 127	2520 ± 124	336,1 $\pm 15,8$	0,97 $\pm 0,03$
Ортостаз, I тип	271,2 $\pm 4,1$	115,4 $\pm 7,5$	39,7 $\pm 3,4$	5806 ± 141	3243 ± 115	2021 $\pm 90,5$	445,4 $\pm 11,3$	0,62 $\pm 0,05$
p	<0,05	>0,05	>0,05	>0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05

В спектральных маркерах математического анализа ВСР, обнаружены лишь тенденционные изменения ($p > 0,05$). Однако вегетативные реакции ССС на ортостаз демонстрировали излишнее напряжение организма спортсменов с доминированием

III типа ВСР в конце тренировочного мезоцикла. Так, индикаторы парасимпатического звена регуляции ВНС достоверно снижались по данным TP на 10,2 % ($p<0,05$), HF на 42,5 % ($p<0,01$), MxDMn на 23,7 % ($p<0,05$). В то время как значения симпатического отдела автономной нервной системы, высших гуморально-метаболических уровней обеспечения функционирования существенно увеличивались в параметрах SI на 56,2 % ($p<0,01$), AMo на 49,7 % ($p<0,01$), LF на 16,7 % ($p<0,05$), VLF на 46,5 % ($p<0,01$), LF/HF на 104,1 % ($p<0,01$).

У футболистов же запасного состава с умеренным преобладанием центрального контура регуляции в клиностазе, по отношению к положению сидя величина вариационного размаха была выше на 24,3 %, высокочастотных колебаний спектра оказалась больше на 11,5 %. Параметры стресс-индекса, амплитуды моды, очень низкочастотных колебаний снизились в диапазоне 16,5–31,3 %, во всех случаях ($p<0,05$). Подобная динамика КИГ у представителей I типа ВСР свидетельствовала о доминировании трофотропных влияний на сердечную мышцу, связанных с поддержанием постоянства гомеостаза в горизонтальном положении тела.

Однако зарегистрированные дельты на ортостатический стресс в конце тренировочного мезоцикла у этих спортсменов отражали парадоксальные реакции системы вегетативного обеспечения. Так, значения MxDMn выросли на 23,4 %, HF на 25,6 %, VLF на 32,5 %, при снижении LF на 19,8 % и LF/HF на 36,1 %, во всех случаях ($p<0,05$). Отмечена тенденция к уменьшению стресс-индекса, амплитуды моды, при увеличении суммарной мощности спектра ($p>0,05$). Обнаруженная динамика у атлетов с умеренным преобладанием центрального контура регуляции (I тип ВСР) при длительном стоянии в конце эксперимента свидетельствовала о неполноценном восстановлении их организма, снижении адаптивных и функциональных возможностей CCC, уменьшении активности автономного контура управления ВНС, необходимости корректировки тренировочного процесса, исключения интенсивных нагрузок до стабилизации изученных показателей.

Далее отражена оценка коэффициентов реакции на ортостаз [13] у футболистов основного состава сборной университета с III и I типами вегетативной регуляции в переходном периоде до и после тренировочного мезоцикла.

Анализ данных (таблица 7), показал, что у спортсменов в начале эксперимента с умеренным доминированием автономного контура управления при активном вставании параметры самого удлиненного R-R интервала на 30 ударе сердца составили 0,19 (0,17; 0,20) мс, а минимального – 0,15 (0,13; 0,16) мс. Оценочный коэффициент (K30:15) находился в диапазоне 1,27 (1,17; 1,35) усл. ед., что соответствовало норме и характеризовало активное восстановление вагусного тонуса на переходном этапе.

Более того величина расчетного маркера интегральной ортостатической реакции у футболистов III типа ВСР за весь учетный период записи (Kp) составила 40,1 (38,1; 41,6)%, что отражало наличие нижней границы нормы.

В то же время, в конце тренировочного мезоцикла параметры самого удлиненного R-R интервала на 30 ударе сердца были 0,17 (0,13; 0,18) мс, а наибольшего – 0,08 (0,05; 0,09) мс, что оказалось достоверно ниже по отношению к 15 удару сердца в начале эксперимента на 46,7 % ($p<0,01$). Исходя из этих значений,

их описательный коэффициент находился на уровне 2,13 (1,96; 2,25) усл. ед., что соответствовало высокой или избыточной реактивности организма атлетов на ортостатическую пробу.

Таблица 7

Оценка различных коэффициентов реакции у футболистов основного состава в переходном периоде на активный ортостаз в начале¹ и конце² тренировочного мезоцикла, ME, IQR

Проба	Переходный период			Установившийся процесс		
	30 уд. (R-R), мс	15 уд. (R-R), мс	K30:15, усл. ед.	Кр, 5 мин. R-R _{макс.}	Кр, 5 мин. R-R _{мин.}	Кр, 5 мин. (R-R), %
Ортостаз ¹ , III тип	0,19 (0,17; 0,20)	0,15 (0,13; 0,16)	1,27 (1,17; 1,35)	0,20 (0,17; 0,19)	0,12 (0,09; 0,13)	40,1 (38,1; 41,6)
Ортостаз ² , III тип	0,17 (0,13; 0,18)	0,08 (0,05; 0,09)	2,13 (1,96; 2,25)	0,18 (0,14; 0,20)	0,08 (0,05; 0,09)	55,56 (53,23; 57,15)
p	>0,05	<0,01	<0,01	>0,05	<0,05	<0,05
Ортостаз ¹ , I тип	0,17 (0,13; 0,19)	0,12 (0,07; 0,14)	1,42 (1,21; 1,53)	0,18 (0,14; 0,19)	0,10 (0,06; 0,12)	44,44 (40,25; 47,51)
Ортостаз ² , I тип	0,13 (0,07; 0,14)	0,11 (0,07; 0,13)	1,18 (0,96; 1,35)	0,15 (0,11; 0,17)	0,11 (0,06; 0,12)	26,67 (23,45; 27,73)
p	<0,05	>0,05	<0,05	<0,05	>0,05	<0,01

По сравнению с исходным уровнем вегетативной реакции организма на гравитационную нагрузку повышение K30:15 составило 67,7 % ($p < 0,01$) и трактовалось в качестве гиперадаптивной реакции на фоне систематического выполнения тренировочных нагрузок, характерного для подготовительного этапа подготовки. Более того параметры Кр находились на уровне 55,56 (53,23; 57,15)%, статистически значимое повышение по сравнению с фоном на 38,5 % ($p < 0,05$).

У атлетов основного состава с равномерным преобладанием центрального контура регуляции (I тип ВСР) установлено, что параметры самого удлиненного R-R интервала на 30 ударе сердца составили 0,17 (0,13; 0,19) мс, а минимального – 0,12 (0,07; 0,14) мс, что было равнозначно их оценочному коэффициенту (K30:15) в диапазоне 1,42 (1,21; 1,53) усл. ед., что соответствовало норме [14] и характеризовало активное восстановление вагусного тонуса на переходном этапе. Величина интегрального индикатора ортостатической реакции Кр у футболистов в начале эксперимента составила 44,44 (40,25; 47,51), что также отражало наличие нормированной реакции.

В конце тренировочного процесса выявлено, что на фоне активного ортостаза параметры наиболее удлиненного R-R интервала на 30 ударе сердца были 0,13 (0,07;

0,14) мс, а самого короткого – 0,11 (0,07; 0,13) мс, существенное снижение отмечено лишь к К30 на 23,5 % ($p < 0,05$). Описательный коэффициент К30:15 находился на уровне 1,18 (0,96; 1,35) усл. ед., что соответствовало замедленной реакции на ортостаз, характеризовало ухудшение функционального состояния организма, обусловленное проявлением вагусной недостаточности.

Параметры Кр были 26,67 (23,45; 27,73)%, что отражало наличие у спортсменов I типа ВСР основного состава сниженной на 40,1 % ($p < 0,01$) реакции на изменение положения тела в пространстве к концу тренировочного мезоцикла и характеризовало симпатическую направленность обнаруженных на этом фоне кардиоинтервалограмм.

На завершающем этапе работы были оценены функциональные изменения коэффициентов реакции у футболистов запасного состава с III и I типами ВСР в динамике подготовительного периода.

Анализ данных (таблица 8), показал, что у спортсменов в начале эксперимента с умеренным доминированием автономного контура управления при активном вставании параметры самого удлиненного R-R интервала на 30 ударе сердца составили 0,18 (0,14; 0,20) мс, а наиболее короткого – 0,13 (0,08; 0,16) мс. Расчетный их коэффициент (К30:15) был 1,38 (1,24; 1,45) усл. ед., что соответствовало норме [15] и характеризовало активное восстановление вагусного тонуса на переходном этапе.

Таблица 8

Оценка различных коэффициентов реакции у футболистов запасного состава в переходном периоде на активный ортостаз в начале¹ и конце² тренировочного мезоцикла, ME, IQR

Проба	Переходный период			Установившийся процесс		
	30 уд. (R-R), мс	15 уд. (R-R), мс	К30:15, усл. ед.	Кр, 5 мин. R-R _{макс.}	Кр, 5 мин. R-R _{мин.}	Кр, 5 мин. (R-R), %
Ортостаз ¹ , III тип	0,18 (0,14; 0,20)	0,13 (0,08; 0,16)	1,38 (1,24; 1,45)	0,19 (0,16; 0,20)	0,11 (0,07; 0,12)	42,10 (39,15; 44,62)
Ортостаз ² , III тип	0,16 (0,12; 0,18)	0,07 (0,04; 0,08)	2,29 (2,12; 2,41)	0,17 (0,13; 0,18)	0,07 (0,04; 0,09)	58,82 (53,72; 62,24)
p	>0,05	<0,05	<0,01	>0,05	<0,05	<0,05
Ортостаз ¹ , I тип	0,16 (0,12; 0,18)	0,11 (0,07; 0,13)	1,45 (1,24; 1,61)	0,17 (0,13; 0,19)	0,10 (0,06; 0,12)	41,17 (37,81; 43,53)
Ортостаз ² , I тип	0,11 (0,07; 0,12)	0,10 (0,07; 0,12)	1,10 (0,86; 1,25)	0,13 (0,09; 0,14)	0,11 (0,08; 0,12)	15,38 (20,35; 27,14)
p	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	>0,05	<0,01

Параметры Кр у футболистов III типа ВСР составили 42,10 (39,15; 44,62)%, что соответствовало нормальной реакции на ортостатический стресс за все время записи.

В то же время, в конце тренировочного мезоцикла значения К30 были 0,16 (0,12; 0,18) мс, а К15 – 0,07 (0,04; 0,08) мс, что оказалось достоверно ниже по отношению к 15 удару сердца в начале эксперимента на 46,1 % ($p < 0,01$). Описательный коэффициент К30:15 находился на уровне 2,29 (2,12; 2,41) усл. ед., что соответствовало избыточной реактивности парасимпатического отдела вегетативной нервной системы на гравитационную нагрузку.

По сравнению с исходным уровнем вегетативной реакции организма на ортостаз в начале эксперимента повышение К30:15 составило 65,9 % ($p < 0,01$) и трактовалось в качестве гипертрофированной реакции на фоне завершения тренировочного процесса. Величина индикатора Кр была 58,82 (53,72; 62,24)%, статистически значимое повышение в сопоставлении с фоновым уровнем отмечено на 39,7 % ($p < 0,05$).

С другой стороны в начале эксперимента у атлетов запасного состава с доминированием центрального контура регуляции (I тип ВСР) параметры К30 составили 0,16 (0,12; 0,18) мс, а К15 – 0,11 (0,07; 0,13) мс, интегральный маркер К30:15 находился в нормированном диапазоне 1,45 (1,24; 1,61) усл. ед.

Величина расчетного критерия ортостатической реакции Кр была 41,17 (37,81; 43,53)%, что отражало наличие также адекватных процессов в системе вегетативного обеспечения организма после окончания установившегося процесса до начала выполнения систематических тренировок.

В конце тренировочного процесса выявлено, что на фоне активного ортостаза параметры К30 составили 0,11 (0,07; 0,12) мс, а К15 – 0,10 (0,07; 0,12) мс, достоверное снижение к наибольшему R-R интервалу на 30 ударе сердца отмечено на 31,25 % ($p < 0,05$). Исходя из этих значений их описательный коэффициент К30:15 находился на уровне 1,10 (0,86; 1,25) усл. ед., что соответствовало замедленной реакции на ортостаз, характеризовало ухудшение функционального состояния организма, обусловленное проявлением вагусной недостаточности.

Более того величина Кр была 15,38 (20,35; 27,14)%, что отражало наличие у спортсменов I типа ВСР запасного состава сниженной на 62,6 % ($p < 0,01$) реакции на изменение положения тела в пространстве к концу тренировочного мезоцикла и характеризовало симпатическую направленность регистрируемых записей вариационной пульсограммы.

Анализ временных критериев оценки текущего состояния, организма футболистов основного и запасного состава сборной на специально-подготовительном этапе подготовки выявил различные типы реакций артериального давления, частоты сердечных сокращений на активный ортостаз. Данное обстоятельство в дальнейшем способствовало выделению дифференцированного подхода к оценке их адаптивных возможностей на основе индивидуально-типологических особенностей вегетативной регуляции сердечного ритма.

В начале эксперимента у всех спортсменов на гравитационную нагрузку отмечались нормированные сдвиги (восстановление индикаторов от 60 секунд до 3

минут), что свидетельствовало о наличии высокой функциональной готовности ССС, сформировавшейся за годы занятий в избранном виде спорта.

К концу подготовительного периода у атлетов с доминированием автономного контура управления (III тип ВСР) отмечено проявление избыточной реактивности регуляции кровообращения в ответ на ортостатический стресс. В большей степени гиперадаптивная реакция отразилась у спортсменов запасного состава.

В то время как у футболистов с доминированием центрального контура управления (I тип ВСР) в ответ на гравитационную нагрузку выявлена замедленная (гипотензивная) реакция. В наибольшей мере снижение функциональных возможностей в виде проявления вагусной недостаточности проявилось у атлетов запасного состава.

С целью объективности полученных выводов, был проанализирован углубленный статистический анализ данных, полученных при исследовании вариабельности сердечного ритма при изменении положения тела в пространстве.

Анализ данных показал, что у атлетов с доминированием автономного контура управления (III тип ВСР) как основного, так и резервного состава в начале подготовительного периода отмечен оптимальный вариант [16] ответа на ортостаз, в наибольшей мере уменьшалась мощность (HF) высокочастотных волн и в меньшей степени снижалась интенсивность вазомоторного сосудистого центра (LF).

В то время как, у атлетов с доминированием центрального контура управления (I тип ВСР) как основного, так и резервного состава выявлена стандартная реакция на гравитационную нагрузку с достоверным уменьшением суммарной (общей) спектральной мощности (TP), снижении дыхательных флуктуаций (HF-компоненты), ростом индекса вагосимпатического равновесия LF/HF.

В конце тренировочного мезоцикла у представителей с доминированием автономного контура управления (III тип ВСР) основного состава сборной по футболу рефлексное воздействие на ортостаз проявилось в чрезмерной гипертрофированной реакции. При этом наиболее резкое снижение параметров ВСР, как амплитудно-частотного (MxDMn), так и спектрального его анализа (TP, HF, LF, VLF), при выраженном увеличении ЧСС и SI обнаружено у атлетов того же типа ВСР, но запасного состава сборной, отражая излишнее напряжение их организма.

Что касается спортсменов с доминированием центрального контура управления (I тип ВСР) основного состава, то к концу подготовительного периода выявлена замедленная реакция на ортостаз. Более того у представителей запасного состава обнаружена парадоксальность обнаруженных ответов, при возрастании значений MxDMn, TP, HF, VLF взамен снижения, уменьшении индикаторов SI, AMo, LF/HF вместо увеличения.

Что касается сдвигов расчетных коэффициентов реакции, то установлено, что в начале эксперимента у представителей с доминированием автономного контура управления (III тип ВСР) как основного, так и резервного состава, обнаружены нормальные их сдвиги. В то время как, у спортсменов с преобладанием центрального механизма регуляции (I тип ВСР) как основного, так и резервного состава дельты K30:15 и Kp находились в верхней границе нормы.

К концу подготовительного периода у атлетов с III типом ВСР отмечена гиперадаптивная реакция на ортостатический стресс, причем максимальных её величин она достигала у атлетов запасного состава того же доминирующего типа регуляции.

В то время как у представителей I типом ВСР в конце эксперимента выявлена замедленная реакция на гравитационную нагрузку, причем в наибольшей степени она проявилась у футболистов запасного состава.

Таким образом, уровень квалификации спортсмена определяет «степень выраженности» вегетативных реакций артериального давления и variability сердечного ритма в рамках центрального или автономного контура его доминирования. В то же время пограничного перехода «физиологических» типов в «патологические» по данным ВСР на всем протяжении эксперимента выявлено не было. Обнаруженная закономерность была обусловлена временным нарушением процессов адаптации на ортостатический стресс, способности коррекции обнаруженных отклонений при правильном планировании дальнейших нагрузок для снижения отрицательного влияния на организм атлетов тренировочного процесса в краткосрочной перспективе.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В динамике тренировочного мезоцикла у футболистов определены сдвиги от нормотензивных реакции артериального давления до пограничных её форм, в виде гипертензивных проявлений на гравитационный стресс у представителей с умеренным доминированием автономного контура регуляции, а также признаков ортостатической гипотензии у лиц с преобладанием центрального механизма управления сердечным ритмом;
2. В процессе эксперимента выявлены различные механизмы адаптации вегетативной нервной системы у футболистов на изменение положения тела в пространстве. Так в динамике активного ортостаза у лиц с преобладанием автономного звена регуляции обнаружены сдвиги от оптимальной формы до гипертрофированной реакции. В то время как у представителей умеренного центрального контура управления выявлен переход от стандартного ответа к парадоксальной реакции в амплитудно-частотных и спектральных маркерах кардиоинтервалограмм;
3. Анализ расчетных коэффициентов реакции у спортсменов на фоне дифференцированного подхода выявил различные формы их проявлений на активный ортостаз. Так в динамике переходного периода и установившегося процесса у лиц с преобладанием автономного звена регуляции обнаружены сдвиги от нормированных его величин до высокой (избыточной) реакции после вставания. В то время как у представителей умеренного центрального контура управления выявлен переход от пороговых величин расчетных коэффициентов до замедленного (сниженного) их ответа за всю запись наблюдения.

Список литературы

1. Остроумова О. Д. Ортостатическая гипотензия: определение, патофизиология, классификация, прогностические аспекты, диагностика и лечение / О. Д. Остроумова, М. С. Черняева, М. М. Петрова, О. В. Головина // Рациональная фармакотерапия в кардиологии. – 2018. – №5. – С. 747–756
2. Koelwyn G. J. The effect of hypoxia and exercise on heart rate variability, immune response, and orthostatic stress / G. J. Koelwyn, L. E. Wong, M. D. Kennedy, N. D. Eves // Scand. J. Med. Sci. Sports. – 2013. – Vol. 23(1) – e1-8. doi: 10.1111/sms.12003.
3. Gronwald T. Orthostatic testing for heart rate and heart rate variability monitoring in exercise science and practice / T. Gronwald, M. Schaffarczyk, O. Hoos // Eur. J. Appl. Physiol. – 2024. – Vol. 124(12). – P. 3495–3510. doi: 10.1007/s00421-024-05601-4.
4. Christou G. A. Pathophysiology of noncardiac syncope in athletes / G. A. Christou, K. A. Christou, D. N. Kiortsis // Sports Med. – 2018. – Vol. 48(7). – P. 1561–1573. doi: 10.1007/s40279-018-0911-7.
5. Heart rate recovery and heart rate variability: use and relevance in European professional soccer / Rave G., Fortrat J.-O., Dawson B., Carre F., Dupont G., Saeidi A., Boullousa D., Zouhal H. // International Journal of Performance Analysis in Sport. – 2018. – Vol. 18(1). – P. 168–183, [https://doi: 10.1080/24748668.2018.1460053](https://doi.org/10.1080/24748668.2018.1460053)
6. McNarry M. A. Heart rate variability reproducibility during exercise / M. A. McNarry, M. J. Lewis. // Physiol. Meas. – 2012. – Vol. 33. – P. 1123–1133 [https://doi: 10.1088/0967-3334/33/7/1123](https://doi.org/10.1088/0967-3334/33/7/1123)
7. Шлык Н. И. Вариабельность сердечного ритма и методы ее определения у спортсменов в тренировочном процессе: метод. пос. / Н. И. Шлык. – Ижевск: Удмуртский университет, 2022. – 80 с.
8. Катаев Д. А. Величины показателей вариабельности сердечного ритма, зарегистрированные в условиях активного ортостаза у элитных лыжников-гонщиков, как отражение спортивной ваготонии / Д. А. Катаев, В. И. Циркин, А. Н. Трухин, С. И. Трухина // Вестник медицинского института «РЕАВИЗ»: Реабилитация, Врач и Здоровье. – 2025. – № 15(3). – С. 48–60. <https://doi.org/10.20340/vmi-rvz.2025.3.PHYS.3>
9. Петрова М. М. Современные представления о проблеме ортостатической гипотензии. / М. М. Петрова, О. Д. Остроумова, М. С. Черняева // Комплексные проблемы сердечно-сосудистых заболеваний. – 2019. – №8 (4). – С. 116–126. DOI: 10.17802/2306-1278-2019-8-4-116-126
10. Головина Г. А. Ортостатическая гипотензия. Взгляд кардиолога / Г. А. Головина, Д. В. Дупляков // Артериальная гипертензия. – 2014. – Т. 20, № 2. – С. 75–85.
11. Барсуков А. В. Ортостатическая гипотензия: фокус на возможности восстановительной медицины / А. В. Барсуков, А. М. Каримова, Д. В. Глуховской, И. А. Васильева, Е. В. Борисова // Физическая и реабилитационная медицина. – 2023. – Т. 5, № 4. – С. 106–116. DOI: 10.26211/2658-4522-2023-5-4-106-116.
12. Грачев С. В. Новые методы электрокардиографии / под ред. С. В. Грачева, Г. Г. Ивановой, А. Л. Сыркиной. М.: Техносфера, 2007. – С. 473–496.
13. Жемайтис Д. И. Выводы о результатах анализа синусового ритма и экстрасистолии по ритмограмме: (метод. рекомендации) / Д. И. Жемайтис, З. И. Янушкевичус – М-во здравоохранения СССР. – М.: Б. и., 1982. – 19 с.
14. Гаврилова Е. А. Спорт, стресс, вариабельность: моногр. / Е. А. Гаврилова. – М.: Спорт, 2015. – 168 с.
15. Вейн А. М. Вегетативные расстройства: клиника, лечение, диагностика. / А. М. Вейн. – М.: МИА, 2003. – 752 с.
16. Шлык Н. И. Сердечный ритм и тип регуляции у детей, подростков и спортсменов: моногр. / Н. И. Шлык. – Ижевск: Изд-во «Удмуртский университет», 2009. – 255 с.

TYPES OF ORTHOSTATIC REACTIONS OF BLOOD PRESSURE AND VEGETATIVE REGULATION OF HEART RATE IN FOOTBALL PLAYERS IN THE DYNAMICS OF THE TRAINING MESOCYCLE

Terekhov P. A., Kindyukhin E. A., Radzevsky A. A.

*Smolensk State University of Sport, Smolensk, Russia
E-mail: terekhov_86@mail.ru*

The study identified various types of orthostatic responses in blood pressure and heart rate variability in university national team football players, both first-team and reserve, during the training mesocycle.

A differentiated approach to assessing their adaptive capacity based on individual typological characteristics of autonomic regulation was used to qualitatively assess these responses. At the beginning of the experiment, all athletes demonstrated normalized blood pressure shifts (indicator recovery time from 60 seconds to 3 minutes) to gravitational load, indicating high cardiovascular fitness developed over years of training in their chosen sport.

Furthermore, athletes with a dominant autonomic (parasympathetic) control circuit (HRV type III) in both the first-team and reserve teams demonstrated an optimal response to orthostasis, with the greatest reduction in high-frequency wave power (HF) and a lesser reduction in vasomotor vascular center (LF) intensity.

Meanwhile, athletes with a dominant central (sympathetic) control loop (HRV type I) in both the primary and reserve teams exhibited a standard response to gravitational loading, with a significant decrease in the total spectral power (TP), reduced respiratory fluctuations (HF components), and an increase in the vagosympathetic balance index (LF/HF).

At the end of the preparatory period, individuals with a predominant autonomous control loop (HRV type III) exhibited a hypertensive response to gravitational loading, based on both blood pressure and cardiointervalography data. This response was amplified in athletes with the same HRV type, but in the reserve team, reflecting the excessive stress placed on their bodies. Athletes with a dominant central control mechanism (HRV type I) exhibited a hypotensive response, based on blood pressure data and its calculated coefficients, and paradoxical shifts in heart rate variability were observed.

The degree of these differences increased among reserve athletes with the same type of regulation. Thus, by the end of the preparatory phase, athletes demonstrated a decrease in their body's ability to cope with active orthostasis, requiring prompt medical and biological support for their professional activities during the competitive period. At the same time, no borderline transition from "physiological" to "pathological" types was detected based on cardiointervalography data, which supports the need for timely adjustments to training programs to eliminate temporary disruptions in adaptation to orthostatic stress.

Keywords: blood pressure, heart rate variability, types of regulation, orthostasis, reaction coefficient, football players.

References

1. Ostroumova O. D., Chernjaeva M. S., Petrova M. M., Golovina O. V. Orthostatic hypotension: definition, pathophysiology, classification, prognostic aspects, diagnosis and treatment, *Racional'naja farmakoterapija v kardiologii*, **5**, 747 (2018).
2. Koelwyn G. J., Wong L. E., Kennedy M. D., Eves N. D., Koelwyn G. J. The effect of hypoxia and exercise on heart rate variability, immune response, and orthostatic stress, *Scand. J. Med. Sci. Sports*, **23**(1), (2013). doi: 10.1111/sms.12003.
3. Gronwald T., Schaffarczyk M., Hoos O. Orthostatic testing for heart rate and heart rate variability monitoring in exercise science and practice, *Eur. J. Appl. Physiol.* **124**(12), 3495 (2024) doi: 10.1007/s00421-024-05601-4.
4. Christou G. A., Christou K. A., Kiortsis D. N. Pathophysiology of noncardiac syncope in athletes, *Sports Med.*, **48**(7), 1561 (2018), doi: 10.1007/s40279-018-0911-7.
5. Rave G., Fortrat J.-O., Dawson B., Carre F., Dupont G., Saeidi A., Boullosa D., Zouhal H. Heart rate recovery and heart rate variability: use and relevance in European professional soccer, *International Journal of Performance Analysis in Sport*, **18**(1), 168 (2018). doi: 10.1080/24748668.2018.1460053
6. McNarry M. A., Lewis M. J. Heart rate variability reproducibility during exercise, *Physiol. Meas.* **33**, 1123 (2012). doi: 10.1088/0967-3334/33/7/1123
7. Shlyk N. I. Variabel'nost' serdechnogo ritma i metody ee opredelenija u sportsmenov v trenirovochnom processe: metodicheskoe posobie, 80 (Izhevsk: Udmurt University, 2022).
8. Kataev D. A., Cirkin V. I., Truhin A. N., Truhina S. I. Velichiny pokazatelej variabel'nosti serdechnogo ritma, zaregistrovannye v uslovijah aktivnogo ortostaza u jelitnyh lyzhnikov-gonshhikov, kak otrazhenie sportivnoj vagotonii. *Bulletin of the Medical Institute "REAVIZ": Rehabilitation, Doctor and Health*. **15**(3), 48 (2025). doi: 10.20340/vmi-rvz.2025.3.PHYS.3
9. Petrova M. M., Ostroumova O. D., Chernjaeva M. S. Sovremennye predstavlenija o probleme ortostaticheskoi gipotenzii, *Complex issues of cardiovascular diseases*. **8**(4), 116 (2019). doi: 10.17802/2306-1278-2019-8-4-116-126
10. Golovina G. A., Dupljakov D. V. Ortostaticheskaja gipotenzija. Vzgljad kardiologa, *Arterial hypertension*. **20** (2), 75 (2014).
11. Barsukov A. V., Karimova A. M., Gluhovskoj D. V., Vasil'eva I. A., Borisova E. V. Ortostaticheskaja gipotenzija: fokus na vozmozhnosti vosstanovitel'noj mediciny, *Physical and rehabilitation medicine*. **5**(4), 106 (2023), doi: 10.26211/2658-4522-2023-5-4-106-116.
12. Grachev S. V., Ivanova G. G., Syrkina A. L. *Novye metody jelektrokardiografii*, 473 (Moscow, Technosfera, 2007).
13. Zhemajtite D. I., Janushkevichus Z. I. Vyvody o rezul'tatah analiza sinusovogo ritma i jekstrasistolii po ritmogramme: (metod. rekomendacii), 19 (Ministry of Health of the USSR, Moscow, 1982).
14. Gavrilova E. A. *Sport, stress, variabel'nost': monografija*, 168 (Moscow, Sports, 2015).
15. Vejn A. M. *Vegetativnye rasstrojstva: klinika, lechenie, diagnostika*, 752 (Moscow, MIA, 2003).
16. Shlyk N. I. *Serdechnyj ritm i tip reguljacii u detej, podrostkov i sportsmenov: monografija*, 255 (Izhevsk: Udmurt University Publishing House, 2009).