

Министерство спорта Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский университет спорта «ГЦОЛИФК»

На правах рукописи

Шипунов Савелий Дмитриевич

Динамика поструральной устойчивости, антропометрических показателей и
психофизиологического стресса в течение соревновательного сезона у
спортсменок в эстетической гимнастике

1.5.5 – Физиология человека и животных

Диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук

Научный руководитель –
доктор биологических наук, профессор
Мельников Андрей Александрович

Москва-2026

Оглавление

Введение	5
Глава 1 Анализ литературных источников	13
1.1 Система регуляции вертикальной позы	13
1.1.1 Устойчивость вертикальной позы у эстетических и художественных гимнасток	20
1.2 Проблемы развития женского организма в процессе занятий эстетической и художественной гимнастики	32
1.3 Антропометрические особенности состава тела у гимнасток	36
1.3.1 Особенности телосложения у гимнасток	36
1.3.2 Особенности общей массы тела и индекса массы тела гимнасток	49
1.3.3 Мышечная масса тела гимнасток	50
1.3.4 Жировая масса тела гимнасток	51
1.4 Психофизиологический стресс у гимнасток	55
1.4.1 Понятие стресса и нейроэндокринные механизмы стресс-реакции	55
1.4.2 Постуральная устойчивость во время психофизических стрессовых состояний	63
Глава 2 Методы и организация исследования	70
2.1 Организация исследования и обследуемые	70
2.2 Характеристика общей физической подготовленности эстетических гимнасток в течение соревновательного сезона	72
2.3 Методы исследования	76
2.3.1 Оценка психофизического стресса по опроснику RESTQ-SPORT	76
2.3.2 Измерение антропометрических показателей	78
2.3.3 Определение физиологического стресса по показателям вариабельности ритма сердца (BСP)	85
2.3.4 Стабилографические методы оценки устойчивости вертикальной позы	88
2.3.5 Определение общей физической работоспособности (PWC170)	90
2.3.6 Методика анализа порога тактильной чувствительности подошвы стоп	94
2.3.7 Измерение амплитуды сгибаний и разгибаний стоп в голеностопном суставе	96
2.3.8 Методы оценки постуральной устойчивости у спортсменок	97
2.3.9 Методы математической статистики, используемые для расчётов на втором этапе исследований	98
Глава 3 Результаты исследования	100

3.1 Динамика поструральной устойчивости у эстетических гимнасток в течение соревновательного сезона	100
3.2 Динамика антропометрических показателей в течение соревновательного сезона у эстетических гимнасток	113
3.2.1 Динамика длиннотных антропометрических показателей тела у эстетических гимнасток	113
3.2.2 Динамика поперечных, продольных и широтных размеров тела у эстетических гимнасток высокой квалификации	115
3.2.3 Динамика обхватных размеров тела у эстетических гимнасток высокой квалификации в течение соревновательного сезона	117
3.2.4 Динамика жирового, мышечного и костного компонентов состава тела по И. Матейке и индексов соматотипа по схеме Хит-Картера в течение соревновательного сезона у эстетических гимнасток	119
3.2.5 Корреляция антропометрических и поструральных показателей у эстетических гимнасток	124
3.3 Динамика показателей психофизиологического стресса у эстетических гимнасток в течение соревновательного сезона	130
3.3.1 Динамика показателей психофизиологического стресса у эстетических гимнасток по данным опросника RESTQ-SPORT	130
3.3.2 Взаимосвязь психофизического стресса, определенного по опроснику RESTQ-SPORT с показателями поструральной устойчивости в общей группе обследованных испытуемых	137
3.3.3 Уровень физиологического стресса по данным вариабельности сердечного ритма и гемодинамическим показателям в положении лежа у высококвалифицированных эстетических гимнасток	142
3.3.4 Корреляции показателей физиологического стресса, рассчитанных по данным ВСР в положении лежа, с показателями поструральной устойчивости в октябре в общей группе обследованных испытуемых	148
3.4 Взаимосвязь устойчивости вертикальной позы с подвижностью стоп и тактильной чувствительностью подошвы у высококвалифицированных гимнасток	156
Глава 4 Обсуждение результатов	174
4.1 Динамика поструральной устойчивости в течение соревновательного сезона у эстетических гимнасток	174
4.2 Динамика антропометрических показателей и их взаимосвязь с поструральной устойчивостью в течение соревновательного сезона у эстетических гимнасток	182

4.3 Динамика показателей психофизиологического стресса и их взаимосвязь с поструральной устойчивостью в течение соревновательного сезона у эстетических гимнасток	188
4.4 Взаимосвязь устойчивости вертикальной позы с подвижностью стоп и тактильной чувствительностью подошвы у эстетических гимнасток	197
4.5 Ограничения исследований	206
Выводы	208
Практические рекомендации	211
Список сокращений и условных обозначений	212
Список литературы	214
Приложение 1	243
Приложение 2	244
Приложение 3	246
Приложение 4	247
Приложение 5	248
Приложение 6	249
Приложение 7	250
Приложение 8	251
Приложение 9	253
Приложение 10	254
Приложение 11	255

Введение

Актуальность темы исследования. Эстетическая гимнастика, являясь сложнокоординационным видом спорта и объединяя в себе элементы из художественной гимнастики, танцев и акробатики, создает повышенные требования к проявлению постурального баланса, которые, в свою очередь, оказывают значительное влияние на соревновательный результат. Существует мнение, что тренировка в художественной и эстетической гимнастике совершенствует механизмы регуляции статического равновесия вертикальной позы, причем более эффективно в более сложных условиях стояния [63, 96, 100, 163].

Однако ряд работ [76, 170] показал, что колебания общего центра давления (ОЦД) в обычной стойке или в стойке без наличия зрительной информации у художественных гимнасток или у танцовщиц балета могут быть повышены [76, 131, 170, 183] или не отличаться от показателей спортсменов. Учитывая важность сохранения равновесия для достижения высоких результатов и предупреждения травм, данное противоречие между данными, указывающими на повышение и, наоборот, снижение устойчивости позы у гимнасток, требует изучения. С другой стороны, способность к равновесию – это комплексная психофизиологическая способность, определяющаяся множеством антропометрических, физиологических и психологических факторов, которые могут изменяться в течение соревновательных циклов и влиять на регуляцию позы у спортсменок-гимнасток. Однако влияние на устойчивость вертикальной позы у спортсменок, занимающихся эстетической гимнастикой, изменений этих факторов в течение соревновательного сезона, остается полностью не изученным, что и определило актуальность нашего исследования.

Степень разработанности темы исследования. Среди факторов, которые влияют на постуральную регуляцию, можно выделить антропометрические особенности [68, 170], суставную подвижность нижних

конечностей [130], тактильную подошвенную чувствительность [60, 155, 213] и степень психофизического напряжения (стресса), связанного с соревновательной деятельностью [32, 106].

Эстетические гимнастки, как правило, обладают средней длиной тела при сниженных значениях массы и значительно сниженной жировой массой тела [18, 46, 47]. При этом работ, изучающих влияние антропометрических показателей гимнасток на их постуральную устойчивость, в научной литературе явно недостаточно.

У художественных гимнасток отмечают значительную подвижность в суставах нижних конечностей, особенно в голеностопном суставе [130, 151]. Эта особенность является отличительной чертой данного вида спорта из-за необходимости выполнения технических элементов в стойках на носках с вытянутыми стопами маховой ноги. В свою очередь, работ, описывающих влияние гипермобильности в суставах нижних конечностей на постуральную устойчивость гимнасток, крайне мало.

Занятия босиком на мягком упругом ковре могут стимулировать развитие тактильной чувствительности подошвенной части стопы [91, 119, 176, 187] – важнейшего фактора регуляции позы [88, 139, 163, 170]. Снижение тактильной чувствительности ведёт к резкому ухудшению постуральной устойчивости [126, 157, 213, 214]. При этом взаимосвязь постуральной устойчивости с тактильной чувствительностью подошвенной части стопы у гимнасток в научной литературе не исследована.

Эстетическая гимнастика является молодым видом спортивной деятельности, но её популярность в последние годы значительно выросла. При этом увеличилось и количество соревновательных стартов. А спортсменки, проходя годичный соревновательный цикл (подготовительный, соревновательный, переходный периоды), участвуют в значительном количестве соревнований, что оказывает существенное влияние на психофизическое напряжение организма. В свою очередь, работ, описывающих динамику различных физиологических и антропометрических показателей

эстетических гимнасток в течение соревновательного сезона, в научной литературе явно недостаточно. Следовательно, выяснению влияний изменений антропометрических данных и психофизиологического стресса на особенности поструральной регуляции у эстетических гимнасток разной квалификации в течение соревновательного сезона была посвящена наша работа.

Анализ литературных данных позволил сформулировать гипотезу, проверке которой посвящено исследование. Гипотезой исследования было предположение о негативном влиянии на устойчивость вертикальной позы (особенно в условиях отсутствия зрительного контроля) увеличения психофизиологического стресса к концу сезона, высокой эктоморфности телосложения и гипермобильности голеностопного сустава, характерных для эстетических гимнасток. В то же время высокая тактильная чувствительность подошвы стоп, напротив, способствует повышению устойчивости, главным образом в усложнённых условиях на подвижной опоре.

Цель исследования – выявить особенности регуляции вертикальной позы у эстетических гимнасток высокой квалификации в течение соревновательного сезона с учетом изменений антропометрических данных, психофизиологического стресса и сенсомоторных факторов стоп.

Задачи исследования:

1. Оценить динамику поструральной устойчивости в стойках на стабильной и подвижной опоре в течение соревновательного сезона у эстетических гимнасток.
2. Изучить динамику антропометрических показателей и их взаимосвязь с поструральной устойчивостью в течение соревновательного сезона у эстетических гимнасток.
3. Оценить динамику показателей психофизиологического стресса и их взаимосвязь с поструральной устойчивостью в течение соревновательного сезона у эстетических гимнасток.

4. Выявить взаимосвязь устойчивости вертикальной позы с подвижностью стоп и тактильной чувствительностью подошвы у эстетических гимнасток.

Научная новизна работы. Впервые проведено лонгитюдное исследование особенностей регуляции вертикальной позы, антропометрических данных и психофизиологического стресса в течение соревновательного сезона у эстетических гимнасток высокой квалификации. Впервые установлено, что для высококвалифицированных эстетических гимнасток в среднем по всем поструральным статическим тестам при отсутствии зрительного контроля характерны повышенные площади и скорости колебаний ОЦД и повышенные пределы устойчивости в динамическом тесте с максимальным наклоном. Динамика статической устойчивости вертикальной позы в течение соревновательного сезона в различных поструральных тестах разнонаправлена и связана как с новизной и сложностью тестов, так и с влиянием соревновательно-тренировочных нагрузок.

Выявлено, что эстетические гимнастки характеризуются мезо-эктomorphicным соматотипом (3,0-3,6-3,2; Хит-Картер). Уровень эктomorphicии в течение сезона снижается. Новыми данными являются результаты об отрицательном влиянии эктomorphicии на устойчивость вертикальной позы в статических тестах и, напротив, о положительном – на пределы динамической устойчивости у этих спортсменок.

Впервые исследованы связи психоэмоционального стресса с поструральной регуляцией у гимнасток в соревновательном сезоне. Установлено, что увеличение психофизиологического напряжения, регистрируемое как снижение вариабельности ритма сердца (RMSSD), к концу соревновательного сезона может оказывать негативное влияние на устойчивость вертикальной позы у гимнасток.

Принципиально новыми являются результаты о взаимосвязи чувствительности подошвенной части стопы и подвижности голеностопного сустава с показателями поструральной устойчивости у эстетических гимнасток.

Установлено, что повышенная чувствительность подошвенной части стопы положительно связана с постуральной устойчивостью, главным образом, в сложных условиях на подвижной опоре. Однако чрезмерная подвижность в голеностопном суставе оказывает негативное влияние на стабильнографические показатели колебаний ОЦД в условиях привычной позы на твердой опоре.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

- расширены представления о физиологических механизмах изменений регуляции позы, развивающихся под влиянием тренировок в течение соревновательного сезона у спортсменок, занимающихся эстетической гимнастикой, включая роль антропометрических параметров и психофизиологического стресса;

- выявлена роль сенсомоторных особенностей: подвижности стопы и тактильной чувствительности подошвы, в постуральной устойчивости у эстетических гимнасток; показано, что гиперподвижность стопы оказывает негативное влияние на регуляцию позы, а высокая тактильная чувствительность кожи подошвы обеспечивает высокую устойчивость вертикальной позы.

Практическая значимость. Полученные результаты о динамике компонентного состава тела и доминирующем морфотипе у эстетических гимнасток высокой квалификации могут использоваться для отбора с учетом антропометрических особенностей в этом виде спорта. Полученные данные на спортсменках высокой квалификации могут использоваться для создания модельных антропометрических и двигательных-координационных характеристик эстетических гимнасток.

Выводы о роли суставной подвижности и тактильной чувствительности подошвы могут использоваться в тренировочном процессе в гимнастике с целью предупреждения негативных эффектов гиперподвижности голеностопа и проблемной кожи подошвы.

Полученные результаты и выводы могут использоваться в высших учебных заведениях для преподавания таких дисциплин, как биомеханика,

физиология, в том числе для подготовки методических и практических работ, а также лекций по темам: «Физиологические механизмы управления движениями и позой», «Физиология сенсорных и двигательных систем».

Этика исследования. Все процедуры исследования были одобрены Этическим комитетом РУС «ГЦОЛИФК» (протокол № 1 от 1 сентября 2023 года).

Методология исследования. Теоретико-методологической основой исследования являются классические и современные представления о нейрофизиологических и биомеханических механизмах регуляции вертикальной позы (Гурфинкель В.С., Коц Я.М., Шик М.Л., 1965, Horak F.B., Nashner L.M., 1986, Ivanenko Y., Gurfinkel V.S., 2018, Rogers M.W., Mille M.L., 2018), а также теоретико-методологические принципы по антропометрии и соматотипированию тела человека (Бунак, В.В., 1941, Выборная, К. В. и др., 2021, Негашева М.А., 2017, Никитюк Б.А., Чтецов В.П., 1983, Левушкин С.П., Сонькин В.Д., 2019; Carter, J.E.L., 1963, Norton K., Eston R., 2019).

Динамика антропометрических данных, постуральной устойчивости и уровня психоэмоционального стресса в течение соревновательного сезона оценивалась в лонгитюдном исследовании. Взаимосвязь колебаний ОЦД на различных опорных поверхностях с подвижностью стопы и тактильной чувствительностью подошвы изучали в одномоментном слепом поперечно-срезовом исследовании.

Положения, выносимые на защиту:

1. Увеличение психофизиологического стресса в течение соревновательного сезона, связанное с напряжением механизмов вегетативной регуляции (по данным уменьшения вариабельности ритма сердца), у эстетических гимнасток является фактором, снижающим постуральную устойчивость в стойке на стабилоплатформе с закрытыми глазами.

2. Повышенная эктоморфность телосложения эстетических гимнасток (высокий индекс эктоморфии и низкий ИМТ) негативно влияет на устойчивость

вертикальной позы в условиях отсутствия зрительного контроля, особенно на подвижной опоре.

3. Для эстетических гимнасток характерны высокая подвижность голеностопного сустава, оказывающая дестабилизирующее влияние на постральную устойчивость в привычной стойке на твёрдой опоре, и высокая тактильная чувствительность подошвы стоп, которая, напротив, способствует устойчивости позы в более сложных условиях стояния на подвижных опорах.

Степень достоверности и апробация результатов исследования.

Достоверность результатов исследования подтверждается: отбором в эксперимент действующих высококвалифицированных эстетических гимнасток, входящих в число победителей и призеров разных всероссийских и международных соревнований в период обследования, использованием современных, информативных и валидных методов исследования, применением адекватных статистических методов обработки данных, широкой публикацией результатов работы в рецензируемых научных изданиях и представлением их на конференциях разного уровня.

По теме диссертации опубликовано 12 научных работ (Приложение 8), в том числе 2 статьи в журналах, индексируемых в Scopus, и 2 статьи в журналах ВАК РФ. Материалы диссертации были доложены и обсуждены на: Всероссийской научно-практической конференции «Спортивная медицина и реабилитация: традиции, опыт и инновации» (Краснодар, 2024); Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Современные подходы к совершенствованию системы физической культуры и спорта» (Санкт-Петербург, 2024); Международной научно-практической конференции «Физическая культура и спорт. Олимпийское образование» (Краснодар, 2024); Всероссийской научно-практической конференции «Спортивная медицина и реабилитация: традиции, опыт и инновации» (Краснодар, 2025); VII Всероссийской конференции с международным участием, посвященной 100-летию Института физиологии им. И.П. Павлова РАН «Интегративная физиология» (Санкт-Петербург, 2025); Международной научно-практической

конференции «Физическая культура и спорт. Олимпийское образование» (Краснодар, 2025); Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвященной памяти В.Н. Селуянова «Спортивная адапталогия: перспективы развития» (Москва, 2025); X Международной научной конференции «Инновации в спорте, туризме и образовании – 2025» (Челябинск, 2025); XI Всероссийской научно-практической конференции с международным участием "Управление движением" (Великие Луки, 2026).

Внедрение. Полученные результаты используются при реализации дисциплин направлений подготовки 49.03.01 Физическая культура, 49.04.03 Спорт и научной специальности 1.5.5 Физиология человека и животных в РУС «ГЦОЛИФК» (акт внедрения № 55 от 15.05.2026 г.); в учебном процессе на 2 курсе по специальности 49.03.02 Физическая культура для лиц с отклонениями в состоянии здоровья в ФГБОУ ВО СГМУ (акт внедрения № 33 от 15.06.2026 г.); в учебном процессе по специальности 31.05.01 Лечебное дело, по направлению подготовки 49.03.01 Физическая культура в ФГАОУ ВО «МАУ» (акт внедрения №10 от 30.06.2026 г.).

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа изложена на 256 страницах, состоит из введения, четырех глав, выводов, практических рекомендаций, списка сокращений, списка литературы. Содержание диссертации дополнено 11 приложениями. Работа содержит 29 рисунков и 35 таблиц. Библиография включает 224 источника (30 отечественных и 194 иностранных).

Глава 1 Анализ литературных источников

1.1 Система регуляции вертикальной позы

Во многих видах спорта, в том числе в эстетической и художественной гимнастике, соревновательная деятельность происходит в вертикальной позе, то есть в вертикальном положении тела с опорой на одну или обе ноги. В этом положении гимнастки выполняют почти все основные технические элементы и комбинации. Однако сохранять равновесие тела в вертикальной позе – сравнительно непростая двигательная задача, которая осваивается на ранних стадиях развития (в возрасте 1-3 лет жизни) и совершенствуется до 14-ти и даже более лет жизни [115]. Проблема регуляции вертикальной позы в том, что она неустойчива вследствие маленькой базы опоры, формируемой площадью между стопами ног, высоко расположенного общего центра массы и постоянных действующих на вертикальное тело человека возмущений равновесия, например, сердцебиением, дыхательными движениями, микросокращениями мышц, а также внешними силовыми воздействиями: силами инерции, гравитации, при взаимодействии партнеров в спорте [174, 184]. Таким образом, существует фундаментальная проблема регуляции равновесия вертикальной позы человека и особенно спортсменов, которая изучается биомеханиками, физиологами, педагогами и врачами.

С целью обзора литературы по механизмам регуляции равновесия вертикальной позы разберём основные понятия, принятые в физиологии движений и постурологии: регуляция позы, регуляция равновесия и ориентации вертикальной позы, упреждающая и реактивная регуляция, постуральные стратегии; устойчивость (стабильность) позы [111, 184].

Регуляция вертикальной позы – это базовое понятие, под которым понимают сенсомоторный процесс, направленный на решение трёх основных задач постуральной регуляции: антигравитацию тела, равновесие (или баланс) и ориентацию позы [121].

Антигравитация, как задача постуральной регуляции, состоит из противодействия силе тяжести, т. е. удержания общего центра массы тела над опорой. Антигравитационная поддержка ЦМ над опорой у человека частично обеспечивается за счёт пассивных сил, возникающих при соприкосновении костей в суставах, растянутых связках и мышцах, но также требует активного сокращения, то есть тонуса антигравитационных мышц конечностей, шеи и туловища [121]. Эта функция не обеспечивает ориентацию и, тем более, само равновесие, то есть восстановление вертикали тела при её нарушении [184].

Регуляция ориентации тела в пространстве – это процесс вертикального выравнивания частей тела (конечностей, туловища и головы). Нарушение ориентации (например, из-за вестибулярного дефицита) ведёт к тому, что человек выстраивает тело не вертикально (наклонно), хотя равновесие он может сохранять нормально, но хуже, чем человек с вертикальной ориентацией тела [112]. Регуляция ориентации, как правило, включает антигравитационную функцию регуляции позы и рассматривается вместе, как один процесс - поддержание вертикальной ориентации тела человека.

Регуляция равновесия позы (постуральный баланс) – это сенсомоторный процесс управления положением общего центра масс в горизонтальной плоскости, то есть этот процесс направлен на сохранение проекции общего центра масс в границах базы опоры, то есть внутри пространства, ограниченного стопами [111]. Потеря равновесия происходит, когда проекция центра массы тела выходит за пределы базы опоры, а системы регуляции не способны восстановить безопасное положение центра массы. Однако данный критерий в настоящее время пересмотрен [184]: условием падения вертикального тела человека является не просто выход проекции центра массы (и центра давления) за площадь опоры, а достижение центром масс такого положения и ускорения, при котором системы регуляции позы (мышцы, стратегии) уже не способны вернуть его в пределы управляемой базы опоры (или пределы стабильности) [109, 173].

Упреждающая и реактивная регуляция позы. В спорте и быту человек в вертикальной позе постоянно испытывает различные возмущающие равновесие воздействия, которые имеют внутреннее (взмах рукой, наклон) и внешнее (толчок, движение опоры) происхождение. Для противодействия нарушению равновесия постуральная система запускает механизмы восстановления равновесия, которые разделяются на упреждающие и реактивные механизмы.

Упреждающая регуляция (*anticipatory postural adjustments*) – это постуральные коррекции, происходящие "на опережение" нарушений равновесия. Они генерируются при внутренних возмущениях, когда человек сам инициирует движения (поднимает руку, встаёт на цыпочки). Это предсказательный механизм регуляции. Центральная нервная система использует внутреннюю модель, в которой содержатся силовые, скоростные и другие особенности движения всего тела и его частей [154]. Когда моторная кора посылает команду "согнуть руку", она отправляет копию этой команды (эфферентную копию) в структуры, отвечающие за позу (базальные ганглии, мозжечок, ствол мозга), генерирующие внутреннюю модель движения. Внутренняя модель рассчитывает гравитационные и реактивные силы, которые возникнут при намеренном движении и будут выводить позу из состояния равновесия. Эти структуры заранее просчитывают последствия движений ОЦМ и возможное нарушение равновесия. За 50–100 миллисекунд до старта основного движения активируются "постуральные" мышцы (мышцы туловища, бёдер, голеней), которые не имеют прямого отношения к самому действию. Эти мышцы создают силы, которые смещают центр давления (ЦД) и центр масс в сторону, противоположную будущему возмущению. Как результат, во время движения центр массы смещается меньше и равновесие нарушается не критично, без падения. Например, если резко поднять обе руки вперёд, центр масс тела смещается назад. За 50 мс до того, как сработает дельтовидная мышца (плечо), у испытуемого уже активируются мышцы задней поверхности ног (икроножные, бицепс бедра) и разгибатели спины. Они отклоняют тело чуть вперёд, чтобы, когда руки взлетят, человек остался стоять на месте, а не

упал на спину [57]. Или, чтобы оторвать правую ногу от земли (например, чтобы шагнуть), нужно сначала перенести на левую ногу вес тела, который раньше был распределён на две. Упреждающая реакция включает активацию отводящих мышц левого бедра (чтобы удержать таз) и сложное взаимодействие мышц вокруг таза, которое перемещает центр масс в сторону опорной ноги еще до отрыва стопы [185]. Если структуры, участвующие во внутренней модели, нарушены (как при болезни Паркинсона), человек, пытаясь поднять ногу, просто завалится вбок.

Реактивная регуляция (compensatory postural adjustments) – это постуральные регуляции, запускающиеся после внешнего воздействия и уже во время нарушения равновесия. Как правило, реактивная коррекция включается в ответ на внешнее воздействие: толчок, скольжение, движение опоры, а работает по механизму обратной связи (Feedback). Запуск реактивного восстановления равновесия начинается с сигналов сенсорных рецепторов (мышечных веретен, вестибулярного аппарата, тактильных рецепторов подошвы стопы), которые детектируют растяжение мышц или смещение тела. Сигнал идёт в спинной мозг, ствол и сенсорную кору, обрабатывается спинномозговыми, стволовыми подкорковыми и корковыми центрами, где генерируется постуральная команда, которая возвращается к мышцам. Это не просто моносинаптический рефлекс (как, например, стретч-рефлекс), а сложная полисинаптическая "автоматическая" реакция [110]. Запуск реактивных реакций начинается смещением тела под влиянием внешней силы (например, опора уходит вперёд, и человек падает назад). Соматосенсорная система (растяжение ахиллова сухожилия) и вестибулярная система (наклон головы) фиксируют отклонение тела от вертикали. Спустя 70–100 мс активируются длинно-латентные рефлекторные сокращения постуральных мышц, ведущие к восстановлению равновесия. В зависимости от силы толчка, мозг выбирает: устоять на месте, используя голеностопную или тазобедренную стратегию, или делать шаг. Например, при толчке в грудь испытуемый начинает падать назад. Примерно через 90 мс у испытуемого сокращаются мышцы передней поверхности тела

(брюшной пресс, передние мышцы бедра), что ведёт к наклону вперёд, возвращая корпус к исходному положению, либо, если толчок сильный, испытуемый шагает назад ногой, чтобы подставить опору под падающее тело назад [184]. В случае движения платформы, на которой стоит человек, назад, тело по инерции "падает" вперёд. Автоматическая реакция — сокращение икроножных мышц (голеностопная стратегия), чтобы вернуть центр масс назад над стопами. Если платформа длинная и скорость большая, реакция переключится на тазобедренную стратегию (сгибание в тазу), поскольку голеностопные мышцы не смогут восстановить равновесие [112].

Обе поструральные реакции (упреждающие и компенсаторные) не являются изолированными: если одно и то же внешнее возмущение повторяется много раз (например, толчки повторяются), мозг учится и запоминает последствия толчка для позы. В поструральной системе создается внутренняя модель поструральных движений после толчка. В итоге, когда человек видит вероятность толчка, то нервная система начинает использовать упреждающую регуляцию для защиты от внешнего события. То есть реакция из компенсаторной становится предсказательной [149, 184].

Компенсаторные и упреждающие поструральные реакции имеют три основные стратегии мышечных ответов в зависимости от силы внешних воздействий и/или степени нарушений равновесия вследствие внутренних возмущений: голеностопную, тазобедренную и шаговую стратегии. Под стратегией, или в различных источниках как поструральные синергии, понимают предварительно запрограммированные паттерны мышечной активности, с помощью которых ЦНС управляет множеством мышц многозвенного тела. Вместо того, чтобы управлять каждой мышцей по отдельности, мозг посылает единый сигнал на группу мышц ("синергию" – программу активности многих мышц), которые работают как единое целое для достижения цели [203]. Программы поструральных синергий хранятся в стволовых, подкорковых (базальные ядра и мозжечок) и спинальных структурах. Они представляют

гибкий шаблон активности постуральных мышц, который можно адаптировать под конкретные условия.

Голеностопная стратегия – это основная стратегия для повседневного поддержания равновесия, особенно в статических привычных условиях. В этой синергии все тело представляет перевёрнутый маятник (*inverted pendulum*), с высокой жесткостью во всех суставах тела, кроме голеностопного. Все колебания тела происходят исключительно за счёт моментов силы в голеностопном суставе. Активация мышц распространяется снизу-вверх: от дистальных к проксимальным мышечным группам. Сначала реагируют мышцы стопы и голени, затем бедра и туловища [110]. Голеностопная синергия эффективна при небольшой амплитуде возмущения (маленьком толчке), нормальной проприоцептивной чувствительности [95, 110].

Тазобедренная стратегия – подключается, когда голеностопной становится недостаточно или она невозможна. В этой стратегии тело работает как двойной (или составной) перевёрнутый маятник. Туловище и ноги двигаются в противофазе. Например, при падении назад при смещении опоры вперёд, чтобы не упасть, человек резко сгибается в тазобедренных суставах (таз идёт назад, грудь вперёд). Это смещает центр масс вперёд. Активация мышц часто идёт сверху вниз. Первыми включаются мышцы туловища и таза (абдоминальные, паравертебральные, ягодичные), а затем мышцы голени. Данная стратегия автоматически включается при дефиците голеностопной синергии, когда нельзя создать достаточный момент в голеностопе [111].

Шаговая стратегия – это увеличение площади опоры за счёт шага ногой в сторону толчка и смещения ОЦМ. Это самая мощная и надежная стратегия, которую организм использует, когда удержать фиксированную опору уже невозможно. Суть стратегии заключается в перемещении базы опоры под падающий центр масс. Шаговая стратегия выбирается, когда порог стабильности превышен за счёт быстрого смещения ОЦМ за пределы базы опоры. Например, во время больших и быстрых возмущений (после сильного толчка, проскальзывание на льду) или, когда физически невозможно

удержаться на месте. В отличие от произвольного шага (где есть предвосхищающий компонент), в реактивном защитном шаге (компенсаторная реакция) упреждающие компоненты часто отсутствуют или сильно редуцированы. Шаг происходит быстрее, но может быть менее скоординированным [111, 184]. Доминирование стратегии лодыжки вместо смешанной бедренно-голеностопной стратегии для поддержания баланса в спокойной вертикальной позе можно объяснить оптимизацией постуральной регуляции, заключающейся в минимизации нервного усилия для поддержания равновесия [141].

Устойчивость (или стабильность) позы — это способность постуральной системы поддерживать или восстанавливать равновесие и ориентацию, несмотря на возмущения. Она достигается путем удержания вектора скорости движения центра масс в пределах границ, заданных текущей базой опоры и биомеханическими возможностями, с использованием либо корректирующих (фиксация опоры силами постуральных мышц), либо защитных (изменение опоры с помощью шага) двигательных стратегий [173]. В условиях спокойной привычной стойки устойчивость оценивается по величине скорости колебаний ОЦМ или ОЦД вертикальной позы. Чем меньше скорость колебаний, тем меньше вероятность выхода проекции за пределы базы опоры и меньше риск потери равновесия и падения. Поэтому основная концепция стабилметрической оценки устойчивости позы состоит в том, что чем меньше амплитуда и скорость колебаний ОЦД, тем выше стабильность позы [173, 175]. Однако этот подход работает только при очень малой скорости ЦМ. Действительно, у пациентов с болезнью Паркинсона отмечаются малые колебания ЦД, но в ответ на небольшие воздействия эти больные теряют равновесие [80]. Pai Y.C. и Hof A.L. обоснованно предлагают более ёмкий термин «динамическая устойчивость», включающий не только регуляцию ЦМ в пределах базы опоры, но и учёт скорости его движения, а также время принятия постуральной коррекции для предупреждения выхода движущегося ЦМ за пределы опоры. Они полагают, что динамическая устойчивость позы — это

регуляция «экстраполированного центра массы» в пределах стабильности [109, 172]. Другими словами, человек сохраняет баланс, если вектор экстраполированного ЦМ (положение + скорость движения ЦМ) находится внутри «области возможной стабильности» (Feasible Stability Region). Поэтому неудивительно, что клинические и лабораторные испытания устойчивости позы в стационарных и привычных условиях стояния имели ограниченную диагностическую ценность для выявления сенсомоторных нарушений регуляции позы, которые проявлялись в динамических условиях равновесия, а также для оценки риска падений [167, 190].

1.1.1 Устойчивость вертикальной позы у эстетических и художественных гимнасток

Выполнение бытовых и сложных спортивных движений возможно при сохранении равновесия и при компенсации его нарушения во время выполнения целевых действий. Данная концепция участия регуляции вертикальной позы в управлении сложными движениями хотя и явно не исследована, но отражена во многих косвенных экспериментальных данных и различных обзорах, посвященных механизмам регуляции позы и роли постурального баланса в спортивной и бытовой практике [121, 174]. В частности, в обзоре Ivanenko Y., Gurfinkel V.S. 2018 года [121] убедительно представлено, что в системе регуляции позы есть уровень, задающий позу, как вертикальное положение, включая антигравитацию, и уровень равновесия, компенсирующий возмущения, то есть восстанавливающий состояние равновесия тела. При этом нарушения мышечного тонуса (первый уровень) напрямую могут повлиять на: 1) второй уровень сохранения и восстановления равновесия; 2) эффективность выполнения произвольных движений.

Например, если человека поставить на наклонную поверхность, а потом вернуть на ровную, его тонус (уровень позы) какое-то время сохраняет "настройку" под наклон. В результате, стоя на ровном полу, человек

непроизвольно отклоняется, и любые его произвольные движения (например, поднятие руки) будут выполняться в этой искаженной позе, требуя дополнительных усилий для коррекции [104]. На фоне этого медленного возврата к вертикали (работы первого уровня по перестройке позы) были видны маленькие, быстрые колебания (стабилограммы). Это значало, что второй уровень (равновесие) продолжал исправно работать, но уже относительно новой, искаженной позы. Этот эксперимент стал классическим доказательством того, что система не едина: есть уровень, который задает позу (первый), и уровень, который стабилизирует равновесие относительно этой заданной позы (второй) [104].

Для спортивных движений также убедительно доказана взаимосвязь (и даже приоритетность) регуляции позы с произвольным движением [168]. Oddsson L.I. et al. [168] изучали эффект смещения опорной платформы вперед и назад на ЭМГ-активность выпрямителя позвоночника во время поднятия груза 20 кг. Самым точным аргументом связи произвольного поднятия груза с регуляцией позы было внезапное прекращение активности ЭМГ в разгибателях позвоночника во время наклона платформы назад, провоцирующего падение назад, за которым следовал длительный период быстрых флуктуаций амплитуды ЭМГ (то есть сигнал то появлялся, то исчезал, хаотично менялся), при этом туловище продолжало сгибаться вперед. В данных условиях авторы обнаружили конфликт двух программ: поструральной, которая требовала расслабить мышцы спины и выполнить наклон вперед для восстановления равновесия и компенсации падения (что и наблюдалось), и целевой программы, требующей напряжения мышц и выпрямления спины с целью поднятия груза. Таким образом, в этой работе авторы четко показали важное влияние регуляции позы и приоритетность сохранения равновесия над выполнением произвольной задачи.

В другой работе на группе из 126 высококвалифицированных эстетических гимнасток международного уровня сборной Сербии установлено, что способность к статическому и динамическому равновесию является

значимым предиктором соревновательного результата. У гимнасток высокого уровня этот показатель объясняет до 35% вариативности их итоговых оценок по данным множественного регрессионного анализа [181].

В другой работе также установлено, что в самой молодой группе (11-13 лет) элитных художественных гимнасток 40 % результативности выступлений на чемпионате Греции в 1996 году, оцененной по набранной сумме баллов, зависело от зрительно-моторной координации, времени реакции и восприятия глубины. Однако в старшей группе (13-16 лет) 56 % результативности на соревнованиях зависели от динамического равновесия, кинестетики и восприятия глубины [135]. В целом результаты указывают на важность изучения регуляции позы у спортсменов вследствие особого значения постурального равновесия для произвольной двигательной деятельности.

Анализ ранних публикаций, посвященных исследованию регуляции вертикальной позы, показывает, что устойчивость вертикальной позы в обычной стойке у гимнасток художественного стиля повышена (Таблица 1) [63, 94, 134].

Таблица 1 – Показатели постуральной устойчивости у танцовщиц балета, акробатов, эстетических и художественных гимнасток

Авторы	Испытуемые	Главные характеристики постуральной устойчивости
Kioumourtzo glou E. et al. (1997) [134]	Гимнастки (n=60). В возрасте: 9-10 лет (n=20); 11-12 лет (n=20); 13-15 лет (n=20).	Сравнения между гимнастками разного возраста и стажа. У гимнасток большего стажа: динамическое и статическое равновесие ↑. У элитных спортсменок показатели зрительно-моторной координации и статического равновесия выше, чем у спортсменок младшей группы.
Kioumourtzo glou E. et al. (1998) [135]	Художественные гимнастки (n=40)	Сравнения между гимнастками разного возраста и стажа. У худ. гимнасток динамическое равновесие: ↑. Выявлено положительное влияние зрительно-моторной координации на выполнение упражнения. На 56% результат соревнований зависел от динамического равновесия

Продолжение таблицы 1 – Показатели поструральной устойчивости у танцовщиц балета, акробатов, эстетических художественных гимнасток

Авторы	Испытуемые	Главные характеристики поструральной устойчивости
Bruyneel, A. V. et al. (2010) [59]	Танцоры балета (n=40). Молодая группа (n=20) в возрасте от 8-16 лет Взрослая группа (n=20) в возрасте от 17-20 лет. Высокого класса.	Сравнения проведены между танцорами разного возраста и стажа. У танцоров балета устойчивость в сложных условиях и с закрытыми глазами: ↓. Авторы выявили слабую корреляцию движения талии и головы в передне-заднем и медиально-латеральном направлении. Авторы отмечают значительное влияние зрительной информации на удержание вертикального положения.
Skoura D. et al. (2012) [192]	Элитные художественные гимнастки (n=20); Девушки, не занимающиеся спортом (n=20). В возрасте 19-25 лет.	Сравнения проведены между гимнастками и не спортсменками. У худ. гимнасток: устойчивость вертикальной позы: ↑; статическое равновесие: ↑; зависимость регуляции позы от зрительная информация: ↓.
Poliszczyk T. et al. (2012) [179]	Художественные гимнастки (n=13). В возрасте от 7-12 лет.	Динамические наблюдения в течение 2-х лет. Динамическое равновесие при взрослении: ↑. Авторы отмечают, что резкие скачки роста временно ухудшают координацию. Антропометрические показатели оказывают явное влияние на поструральную устойчивость.
Istenič N. (2015) [120]	Художественные гимнастки. Спортивные гимнастки. В возрастных категориях: младшего (до 14); старшего (14+ лет).	Сравнения проведены между гимнастками спорт. и худ. видов, разного возраста и стажа. Различий между группами не установлено, однако у старших гимнасток отмечались существенно меньшие колебания ОЦД.
De Mello, M.C. et al. (2017) [76]	Танцоры балета (n=14). Девушки, не занимающиеся балетом или спортом (n=14).	Сравнения проведены между балеринами и девушками, не спортсменками. У балерин: устойчивость вертикальной позы: ↓. Авторы отмечают значительное влияние зрительной информации на удержание позы у балерин.
Calavalle A.R. et al. (2008) [63]	Художественные гимнастки (n=15) Девушки, не гимнастки (n=45).	Сравнения между гимнастками и неспортсменками. У худ. гимнасток фронтальная устойчивость позы ↑; сагиттальная устойчивость в области низкочастотных колебаний ↓; зависимость поструральной регуляции от зрительной информации ↑.

Продолжение таблицы 1 – Показатели постуральной устойчивости у танцовщиц балета, акробатов, эстетических и художественных гимнасток

Авторы	Испытуемые	Главные характеристики постуральной устойчивости
Opala-Berdzik, A. et al. (2018) [170]	Гимнастки (n=15). Девушки, не занимающиеся спортом (n=13). В возрасте от 10-13 лет	Сравнения проведены между гимнастками и не спортсменками. У гимнасток устойчивость вертикальной позы в медиально-латеральном направлении: ↓. Авторы отмечают отрицательную корреляцию массы тела гимнасток как со скоростью колебаний в передне-заднем направлении (открытые глаза: $r=-0,7$; закрытые глаза: $r=-0,6$), так и со скоростью медиально-латеральных колебаний с закрытыми глазами ($r=-0,5$).
Kim, S. G. et al. (2018) [132]	Измерялись молодые здоровые люди (n=55).	Авторы отмечают отрицательную корреляцию постуральной устойчивости в статических позах с подвижностью стопы.
Leskovec, T. et al. (2019) [144]	Художественные гимнастки. Спортивные гимнастки. В возрастных категориях: Младшего (8–13 лет), Юниорского (14–15 лет), Взрослого возраста (16+ лет)	Сравнения между спорт. и худ. гимнастками. У младшего (8–13 лет), юниорского (14–15 лет) возраста: У худ. гимнасток: статическое равновесие ↑ vs спорт. гимнастки У взрослых худ. гимнасток (16+ лет) статическое равновесие ↓ vs спорт. гимнастки.
Rangel J.G. et al. (2020) [183]	Устойчивость танцоров балета по анализу 9 исследований (из 364 первоначальных).	Обзорная статья по материалам 9 экспериментальных исследований. У танцоров балета устойчивость в стойке с закрытыми глазами: ↓. Авторы отмечают значительное положительное влияние опыта на способность сохранять баланс. Однако зрительная информация оказывает большое влияние на контроль равновесия у балерин.
Trajković N. et al. (2021) [206]	Спортсмены представители различных дисциплин (n=655). В возрасте от 13-33 лет	Авторы отмечают отрицательную корреляцию постуральной устойчивости (особенно в медиолатеральном направлении) с подвижностью голеностопного сустава. ИМТ отрицательно влиял на частоту колебаний.

Окончание таблицы 1 – Показатели поструральной устойчивости у танцовщиц балета, акробатов, эстетических и художественных гимнасток

Авторы	Испытуемые	Главные характеристики поструральной устойчивости
Purenović-Ivanović Т. (2023) [181]	Художественные и эстетические гимнастки (n=126) международного уровня. В возрасте 18 лет и старше.	Сравнения проведены между гимнастками разного возраста и стажа. У худ. гимнасток динамическое равновесие: ↑; влияние зрительной информация; ↑. Результаты множественного регрессионного анализа выявили значительное влияние способности к сохранению статического и динамического равновесия на спортивный результат (p=0,01).
Gaspari V. et al. (2024) [94]	Анализ комплекса физических качеств в ходе анализа 41 исследования.	Обзорная статья по материалам экспериментальных исследований (n=41). У гимнасток устойчивость вертикальной позы в обычной стойке: ↑. Авторы отмечают тесную связь статической и динамической устойчивости с результативностью соревновательной деятельности.
Niazi E.S. et al. (2025) [163]	Художественные гимнастки (n=17). Спортивные гимнастки (n=20). Девушки, не занимающиеся спортом (n=19).	Сравнения проведены между гимнастками разных специализаций и не спортсменками. У худ. гимнасток устойчивость вертикальной позы на неустойчивой поверхности: ↑ vs группа Контроль; у худ. гимнасток высокая зависимость пострурального контроля от зрительной информации.

Примечания:

- 1) ↑ - выше, чем в группе сравнения;
- 2) ↓ - ниже, чем в группе сравнения.

Высокую способность сохранять статическое равновесие на время в специфической позиции «релеве» (на носках с вытянутыми вверх руками) обнаружили у элитных художественных гимнасток Греции в трёх возрастных группах (9-10, 11-12 и 13-15 лет) по сравнению с нетренирующимися девочками того же возраста в исследовании [134]. При этом старшие гимнастки сохраняли статическое равновесие дольше, чем юные спортсменки: 5,30 сек; 9,56 сек и 13,15 сек, соответственно, в группах 9-10, 11-12 и 13-15 лет, хотя

динамическое равновесие в тесте на длительность удержания опорной платформы в горизонтальном положении не прогрессировало к старшему возрасту: 74,5 сек; 78,4 сек и 77,3 сек. Эти результаты указывают на повышенную способность к статическому равновесию в специфическом тесте у художественных гимнасток, что может быть связано как с врождёнными особенностями и отбором, так и эффектами специальных тренировок в этой позиции [134].

В исследовании статического равновесия в обычной биопорной стойке у художественных гимнасток высокого уровня по сравнению со спортсменками других видов спорта с применением стабيلографического анализатора [63] было установлено, что гимнастки продемонстрировали значительно лучшую стабильность (меньшие показатели раскачивания) в боковом направлении по сравнению с группой негимнасток. Однако в передне-заднем направлении гимнастки показали более высокие значения раскачивания ЦД в области очень низких частот (0-0,1 Гц), чем контрольная группа, что указывало на меньшую стабильность позы в сагиттальной плоскости. Авторы предполагают, что более высокая низкочастотная сагиттальная подвижность ЦД может быть связана с большей гибкостью позвоночника (особенно поясничного лордоза) у гимнасток, что влияет на статическое равновесие в этой плоскости. Другой особенностью с «негативным оттенком» для равновесия было более существенное нарушение сагиттальной устойчивости позы (большая мощность колебаний ОЦД также в очень низкочастотном диапазоне) в условиях закрытых глаз (ЕС) по сравнению с группой негимнасток. Авторы сделали заключение о повышенной эффективности регуляции обычной вертикальной позы в латеральной плоскости на фоне некоторого снижения стабильности в сагиттальной плоскости в диапазоне очень медленных колебаний в условиях закрытых глаз, что, по мнению авторов, является результатом балетной подготовки и особенностей работы с предметами [63].

Оценка способности к равновесию на уникальной компьютеризированной стабильной платформе NeuroCom с помощью сенсорного организационного теста у

бывших (19-25 лет) элитных художественных гимнасток Словении и неспортсменок была выполнена в работе [192]. Данный «Sensory Organization Test» является уникальным, поскольку не просто измеряет колебания платформы, а изолированно оценивает вклад зрения, проприоцепции и вестибулярного аппарата [192]. Авторы подтвердили, что бывшие элитные спортсменки превосходят обычных девушек в скорости реакции на слуховой раздражитель, в скорости движений и в способности сохранять равновесие при раскачивании окружающей среды и поверхности. В целом в работе подтвердили предположение о повышенной способности сохранять равновесие у элитных художественных гимнасток в усложнённых условиях с искажением зрительной и проприоцептивной информации. По-видимому, кроме предшествующего тренировочного опыта, важное значение имели врожденные уникальные способности бывших гимнасток [192].

В недавнем обзорном анализе [94], посвященном выявлению наиболее важных физических (гибкость, аэробные способности, мышечная сила, мышечная выносливость, мышечная мощность, спринтерская скорость), и координационных (агилити, равновесие позы, общая и специфическая координация) способностей было проанализировано 9 публикаций по особенностям и вкладу статического и динамического равновесия в спортивную соревновательную результативность в художественной гимнастике, в котором авторы заключили, что способность сохранять статическое и динамическое равновесие повышена у высококвалифицированных гимнасток, и соревновательная результативность связана с этими способностями.

Интересное пятилетнее срезовое исследование равновесия вертикальной моноопорной позы проведено на национальных гимнастках спортивного и художественного стилей с целью разработки нормативных значений параметров равновесия у гимнастов разных возрастов: младшего (8–13 лет), юниорского (14–15 лет), взрослого возраста (16+ лет) [144]. Авторы установили, что художественные гимнастки показали лучшую стабильность

(меньшую скорость колебаний ЦД), чем спортивные гимнастки в младшем (8-13 лет) и юниорском (14-15 лет) возрасте, однако во взрослой категории (16+ лет) ситуация менялась — лучшие результаты показывали спортсменки из женской спортивной гимнастики. Авторы объяснили повышенную устойчивость позы художественных гимнасток различиями в тренировочном процессе. В художественной гимнастике равновесие развивают на ранних этапах тренировки, из-за специфики элементов на полупальцах и работы с предметами, но в спортивной гимнастике способность стабилизировать позу развивается в старшем возрасте, за счёт более позднего, но интенсивного развития силы и стабилизации корпуса, необходимых для работы на бревне и сложных соскоков. В целом эта работа показывает существенное значение высокой стабильности позы в художественной гимнастике, которая на начальных этапах более развита у этих гимнасток.

Истенич и др. [120] сравнили спортивных и художественных гимнасток младшего (до 14) и старшего (14+ лет) возраста в положении стоя на одной ноге на силовой платформе. Анализируемые параметры включали траекторию ОЦД и индекс усталости при средней амплитуде раскачивания. Индекс усталости определялся как средняя амплитуда колебания центра давления в течение 50-100% интервала времени, деленная на среднюю амплитуду колебаний ОЦД в течение первого временного интервала (0-50% времени), каждый из которых длился 30 секунд. Авторы не выявили существенных различий между гимнастками разного стиля, но были существенно меньшие колебания ОЦД у старших гимнасток, это могло быть связано с развитием двигательной, костно-мышечной и нервной систем человека с возрастом [120].

В работе Poliszczuk T. и др. [179] изучали изменения соматических параметров (телосложения) и способности к динамическому равновесию у юных художественных гимнасток в течение двух лет тренировок. Динамическое равновесие оценивали в тесте со зрительной обратной связью: гимнастка должна была перемещать маркер проекции своего центра тяжести так, чтобы он постоянно находился в квадрате, движущемся на мониторе. За

два года тренировок соматотип гимнасток изменился в пользу роста эндоморфии (полнота тела) и мезоморфии (развитие мускулатуры), а доля эктоморфии (стройность, худощавость) снижалась, вследствие наступления пубертата и естественного роста. За два года тренировок способность поддерживать динамическое равновесие достоверно улучшилась. Это проявилось в сокращении времени прибытия к цели, оптимизации траектории (уменьшении длины пути) и увеличении времени удержания равновесия в центре квадрата. Несмотря на общий прогресс произвольного управления позой, в период полового созревания (связанного с изменением пропорций тела) наблюдалась временная стабилизация (и даже снижение) в развитии способности к равновесию. Это подтверждает, что резкие скачки роста временно ухудшают координацию. Тело меняет пропорции, вес, распределение массы, а нервной системе нужно время, чтобы «перенастроить» программу управления этим новым телом. Резкое увеличение эндоморфии (жирового компонента) или чрезмерная гипертрофия мышц (мезоморфия) создают дополнительную нагрузку на систему регуляции позы, делая тело более инертным и сложным в управлении, что и приводит к стагнации или ухудшению показателей баланса.

Сравнение устойчивости вертикальной позы в стойке на твёрдой и податливой опоре у гимнасток художественного и спортивного стилей было выполнено в работе [163]. Хотя устойчивость позы не отличалась у гимнасток обоих стилей от контрольной группы в самой простой стойке на твердой опоре, обе группы гимнасток стояли более стабильно в стойке на податливой опоре (поролоновой подушке), что, по мнению авторов, было связано с более эффективной интеграцией зрительной и проприоцептивной информации для постурального контроля. Однако спортсменки художественной гимнастики больше зависели от зрительного контроля для поддержания постуральной устойчивости, что, предположительно, было обусловлено постоянным использованием зрительных ориентиров в тренировке художественных гимнасток и проприоцептивных сигналов – в спортивной гимнастике.

Дополнительную информацию о регуляции позы у художественных и эстетических гимнасток может дать анализ постуральной устойчивости у танцоров балета и акробатов – видах спорта, в которых используемые тренировочные упражнения, а также требования к соматотипу спортсменок, значительно совпадают. Современные работы многих исследователей баланса выявили негативные особенности регуляции позы у акробатических гимнасток [170] или у танцоров балета [76]. В частности, De Mello M.C., обнаружили повышенные скорости колебаний ОЦД у профессиональных балерин в моноопорной стойке с закрытыми глазами, что указывало на зависимость постурального контроля от зрительной информации [76]. Повышенная скорость ОЦД во фронтальной плоскости в обычной биопорной позе с открытыми глазами у юных (10-13 лет) акробатов национального уровня была обнаружена в работе [170]. Брюнель и др. [59] также сообщали об увеличении раскачивания тела у артистов балета в условиях отсутствия зрительного контроля. В систематическом обзоре постуральной устойчивости у танцоров балета было выявлено, что, в целом, способность к постуральному равновесию по мере танцевального стажа повышается, однако устойчивость в стойке с закрытыми глазами снижена, а регуляция позы зависима от визуальной информации [183] (Таблица 1). Следовательно, у художественных и эстетических гимнасток, так же, как и у танцовщиц балета и гимнасток, развиваются как позитивные, способствующие равновесию позы, механизмы, так и негативные явления, снижающие эффективность регуляции позы в некоторых условиях, что требует их детального изучения.

Поддержание постурального равновесия зависит от многих факторов, включающих: точность и чувствительность различных сенсорных систем, предпочтительность их использования для постуральной регуляции, процессы интеграции сенсорной информации в центральной нервной системе, особенности опорно-двигательного аппарата, в частности голеностопного сустава, и других факторов [153, 206].

Отличительными особенностями тренировочного процесса спортсменок-гимнасток являются занятия без обуви на мягком ковре, что, возможно, будет стимулировать развитие тактильной чувствительности подошвы. Известно, что регуляция позы во многом использует эту важную тактильную информацию о локализации, распределении и перемещениях центра давления по площади стоп для оценки равновесия тела и о предполагаемых рисках потери баланса [126]. Нарушение этой чувствительности ведёт к резкому ухудшению регуляции равновесия и повышает колебания тела [157].

Однако взаимосвязь между тактильной чувствительностью подошвы и устойчивостью позы у гимнасток до настоящего времени не исследовалась.

Художественная и эстетическая гимнастика – это виды спорта, в которых особое значение придается гибкости тела и максимальной подвижности в суставах нижних конечностей [94]. Высокая амплитуда движений рассматривается как фактор, положительно влияющий на спортивный результат, а уровень развития суставной подвижности у более квалифицированных художественных гимнасток выше, чем у менее квалифицированных [94]. В отношении регуляции позы важное значение может иметь подвижность стопы в голеностопном суставе, поскольку основные колебания позы во время вертикальной стойки происходят в голеностопном суставе в соответствии с моделью «перевернутого маятника» [121].

Художественные гимнастки отличаются выраженным развитием подвижности суставов тела и нижних конечностей [151], в том числе голеностопного [130]. В ряде работ [132, 206] показаны отрицательные корреляции (чем выше подвижность, тем ниже устойчивость позы) между подвижностью стопы и постуральной устойчивостью в статических позах у спортсменов, однако таких исследований на гимнастках пока не проводилось.

С высокой подвижностью голеностопного сустава может быть ассоциирована имеющая «негативные» последствия для проприоцептивной чувствительности гипермобильность голеностопа [33], вызываемая микроповреждениями суставных капсул и связок. Многие упражнения на

равновесие в художественной гимнастике выполняются на цыпочках, что приводит к перегрузке суставов стопы [89]. Ежедневные повторяющиеся упражнения на цыпочках могут привести к растяжению связок голеностопного сустава и, как следствие, к хроническим спортивным травмам у художественных гимнасток [65]. Травмы голеностопного сустава и стопы чаще всего встречаются у гимнасток высокого и среднего уровня подготовки [74, 138]. В работе Rutkowska-Kucharska A. [186] были получены подтверждения перегрузки мышц, стабилизирующих голеностопный и коленный суставы, у двух гимнасток разного возраста при выполнении упражнений на равновесие в стойке на носках. Результаты показали, что у 8-летней гимнастки активность икроножных мышц (медиальной и латеральной головок) при упражнениях на носках была чрезвычайно высокой (+200% от регистрируемой ЭМГ во время максимального изометрического усилия). Это создает критическую нагрузку на голеностоп, так как плечо силы в 5 раз длиннее в стойке на носках, чем при опоре на пятку. Исследователи подчеркивают необходимость ограничивать такие упражнения в детском возрасте из-за высокого риска перегрузки и травм [186], что может провоцировать микрповреждения голеностопного сустава.

Предполагают, что систематические микрповреждения сухожильно-связочного аппарата голеностопа в долгосрочной перспективе могут негативно отразиться на соматосенсорных свойствах голеностопа и связанной с ними регуляции позы [147].

1.2 Проблемы развития женского организма в процессе занятий эстетической и художественной гимнастики

В настоящий момент художественная и эстетическая гимнастика являются достаточно популярными видами спортивной деятельности. Многие ученые отмечают отсутствие работ, описывающих особенности влияния спортивной деятельности на развивающийся организм девушек. Эти виды гимнастики относятся к уникальным женским видам спорта, которые имеют

сложное влияние на развивающийся организм девочек и девушек. Влияние спортивной тренировки в эстетической и художественной гимнастике имеет двойственную природу, выражающуюся как в позитивных, так и негативных эффектах на органы и системы организма. Во-первых, можно выделить положительные эффекты на развитие аэробной мощности, взрывных способностей [48, 210], гибкости и взрывной силы [82], изменений в составе тела, к примеру, костной и жировой массы тела [215] и на эндотелиальную активацию [38] у здоровых гимнасток высокого класса.

Например, в исследовании [38] сравнивались биохимические маркёры воспаления (высокочувствительный С-реактивный протеин сыворотки), активации эндотелия (sICAM-1 – растворимая межклеточная адгезионная молекула-1) и клеточного стресса (уровни Hsp27 - белка теплового шока бета-1 с молекулярной массой 27 кДа и антител к Hsp27) у высококвалифицированных соревнующихся гимнасток и сверстниц, не занимающихся спортом. В результате сравнения было установлено, что у гимнасток была меньше концентрации hsCRP, выше уровень sICAM-1, а концентрации Hsp27 и его антитела в крови не отличались от контрольной группы. Авторы заключили, что интенсивные многолетние тренировки у гимнасток подросткового возраста ассоциированы со сниженным уровнем системного низкоинтенсивного воспаления, что указывает на благоприятный противовоспалительный профиль, который обычно рассматривается как маркер хорошего метаболического состояния и низкого кардиометаболического риска. Поскольку hsCRP тесно связан с жировой массой, инсулинорезистентностью и субклиническим воспалением, его снижение указывает на эффективную метаболическую регуляцию, вероятно, обусловленную сочетанием высокой физической активности и низкого процента жировой ткани. Повышенные уровни эндотелиального маркера sICAM-1 у гимнасток свидетельствуют об адаптивной активации эндотелия сосудов, что отражает позитивную ангиопротекторную функциональную перестройку сосудистой системы в условиях высокой нагрузки. Отсутствие различий в уровнях Hsp27 и антител к

нему указывает на отсутствие признаков хронического клеточного стресса или аутоиммунной активации, что говорит о развитии защитных клеточных механизмов и снижении уровня клеточных повреждений. Комбинация низкого системного воспаления, эндотелиальной адаптации и отсутствия признаков аутоиммунного или клеточного стресса свидетельствует о том, что у подростковых гимнасток формируется специфический физиологический фенотип, характеризующийся высокой устойчивостью к метаболическим и воспалительным нарушениям.

Анализ показателей минеральной плотности костей, прыгучести и состава тела [215] показал, что художественные гимнастки, находящиеся в периоде перехода к пубертату, обладали меньшим процентом жировой, но большим процентом мышечной массы и высотой прыжка по сравнению с контрольной группой. Ключевой особенностью у гимнасток была повышенная общая минерализация костей, и особенно минерализация поясничного отдела позвоночника, испытывающего высокие ударные нагрузки. Авторы подчеркивают важность силовых и прыжковых упражнений в тренировочном процессе не только для результата, но и для формирования пика костной массы — фундамента здоровья костей на всю жизнь. Эти и другие работы указывают на позитивные эффекты художественной гимнастики, на важные компоненты здоровья и физическое развитие юных тренированных гимнасток.

С другой стороны, занятия в этих женских видах спорта с высокими требованиями к тонким, изящным формам тела, ведут к специфическим модификациям тренировочного процесса, способствующим дисморфии (психическое расстройство, при котором спортсменка считает себя недостаточно стройной и грациозной), расстройству пищевого поведения (снижение потребления пищи для уменьшения массы тела) и множественным физиологическим нарушениям в форме спортивного синдрома дефицита энергопотребления (RED-S - Relative Energy Deficiency in Sport), связанного с недостаточным питанием [31, 161]. Базовые понятия, механизмы и причины развития синдрома энергодефицита у некоторых спортсменов были заложены в

консенсусном заявлении Международного олимпийского комитета в 2014 году [161]. Дефицит энергопотребления, как правило, затрагивает почти все системы организма, имеющие важное значение не только для психофизического здоровья, но и для спортивных результатов. Как правило, дефицит питания и энергопотребления ведёт к снижению скорости основного обмена, инсулинорезистентности, дислипидемии. У девушек это сочетается с нарушением менструального цикла и репродуктивной функции. Растет риск стресс-переломов, остеопороза, нарушения микроархитектуры костей. Со стороны иммунитета - частые инфекции. Замедляется общий рост и развитие организма, развиваются нарушения сердечно-сосудистой функции в виде брадикардии, гипотонии; страдает желудочно-кишечный тракт. Проявляются изменения психологического состояния в форме депрессии, раздражительности. Эти процессы и симптомы сочетаются с пониженной скоростью восстановления, повышенным травматизмом и снижением спортивных результатов [161]. При этом художественная гимнастика отмечается как вид спорта с высоким числом спортсменок, страдающих синдромом энергодефицита.

Приведем некоторые исследования, вписывающиеся в проблематику синдрома энергодефицита в эстетической и художественной гимнастике. По результатам анализа компонентного состава тела Евдокимова и др. [10] обнаружили снижение жировой массы тела у 90 % девочек-гимнасток. Авторы отмечают также первичную аменорею и поздний старт менархе, нерегулярные менструации у девочек-гимнасток. При этом отмечается уменьшение жировой массы и её доли, тощей массы (у 20% исследуемых), активной клеточной массы (у 50% исследуемых), минеральной массы костной ткани (у 30% исследуемых) и жидкости в их организме [10].

Отмечают, что в таких видах спорта, как гимнастика, фигурное катание, а также у танцовщиц балета, существует проблема дефицита энергии ввиду недостатка получаемой с пищей энергетических калорий относительно общих энергозатрат организма девушек [117, 129, 140, 158, 171, 180, 191, 193, 211].

Так, в работе Puscheck L.J. et al отмечается, что спортсменки эстетических видов спорта имели самый высокий риск расстройств пищевого поведения, при этом результаты дефицита энергии не различались по виду спорта. В свою очередь, для танцевальных команд отмечена самая высокая степень риска как по расстройству пищевого поведения ($p < 0,001$), так и по риску дефицита энергии ($p < 0,001$) [182]. Данные результаты подтверждаются работами и других авторов [77].

Таким образом, в женских видах спорта, таких как эстетическая и художественная гимнастика, многие авторы отмечают проблемы развития организма, ярко проявляющиеся в виде синдрома дефицита энергопотребления. Эти особенности требуют дополнительных научных исследований по анализу их причин, последствий и возможных осложнений в различных системах организма.

1.3 Антропометрические особенности состава тела у гимнасток

1.3.1 Особенности телосложения у гимнасток

Телосложение (соматотип) – это генетически детерминированное строение тела человека, определяющееся пропорциями костной, мышечной и жировой тканей организма.

По классификации У. Шелдона (Sheldon, 1940), выделяют три основных типа телосложения, которые определяются из распределения жировой, мышечной и костной массы человека. К первому типу (эндоморфия) относят людей, характеризующихся выраженным развитием жировой массы тела. Ко второму, называемому мезоморфией, относят тех, у кого хорошо развита мышечная и костная масса тела. И к третьему типу - эктоморфия - относят людей с хорошо развитой костной массой тела и увеличенной площадью поверхности тела, при крайних проявлениях данного типа отмечают слабое развитие мышечной и жировой массы тела. Важно заметить, что определение

соматотипа по У. Шелдону основано на визуальной оценке формы тела по 7-балльной шкале на стандартизированных фотографиях в трёх проекциях, то есть это глазомерный метод, зависящий от квалификации и субъективного мнения исследователя. Впоследствии, в 1960-х годах, данную классификацию усовершенствовали Барбара Хит и Дж. Э. Линдси Картер. Хит и Картер разработали антропометрический метод определения соматотипа человека, который используется в настоящее время. Три компонента стали рассчитываться по формулам на основе конкретных измерений тела [39, 107]. Эндоморфия (жировой компонент): оценивается по толщине трёх кожно-жировых складок (трицепс, подлопаточная, надподвздошная) с поправкой на рост. Мезоморфия (костно-мышечный компонент) оценивается по диаметрам костей (ширина локтя и колена) и обхватам мышц (плеча и голени) с поправкой на толщину кожной складки. Эктоморфия (преобладание линейности, худобы) оценивается через индекс отношения роста к кубическому корню из массы тела. В результате соматотип по Хит и Картеру представляет запись с тремя значениями (например, 4,1-2,5-3,9), где первая цифра обозначает эндоморфию, вторая — мезоморфию, а третья — эктоморфию, всегда в одном и том же порядке.

Множество исследований демонстрирует зависимость высоких спортивных результатов в спортивной и художественной гимнастике от строения и формы тела спортсмена [8, 25]. В эстетической гимнастике требования к составу тела — это не только фактором подготовленности спортсмена к предстоящему старту, но и особенностями телесной эстетики и красоты, которые вносят свой вклад в итоговую соревновательную оценку. Несмотря на растущее число исследований, можно констатировать, что работ по морфологическим особенностям эстетических гимнасток немного.

Peeters M.W. и Claessens A.L. [178] показали, что для спортивных гимнасток, в отличие от нетренирующихся сверстниц, характерно меньшее развитие эндоморфного ($1,7 \pm 0,6$ / $4,0 \pm 1,1$ усл. ед., $p < 0,01$), при большем развитии мезоморфного ($3,7 \pm 0,6$ / $3,0 \pm 0,9$ усл. ед., $p < 0,01$) и эктоморфного

компонентов ($3,2 \pm 0,8$ / $2,9 \pm 1,3$ усл. ед., $p < 0,01$), что отражает влияние отбора и систематических тренировок элитных гимнасток на состав тела (Таблица 2).

Таблица 2 – Антропометрические показатели эстетических и художественных гимнасток по данным различных авторов

Авторы	Испытуемые	Антропометрические показатели и главные характеристики
Кокорина, Е. А. (2007) [15]	Девушки, занимающиеся спортивной аэробикой (n=21; КМС). Девушки, занимающиеся худ. гимнастикой (n=12; КМС и МС).	Анализ проведен между спортсменками по спортивной аэробике и гимнастике. У гимнасток соматотип эндо-мезоморф с более выраженным скелетом и мускулатурой. У худ. гимнасток: длина голени ↑; длина бедра ↓; длина корпуса ↓.
Волкова Е.С. и др. (2011) [4]	Художественные гимнастки (n=7). Девушки, не спортсменки (n=13). Возраст 19-21 лет.	Сравнения проведены между гимнастками и не спортсменками. У худ. гимнасток мезоморфия ↑↑; длина кисти ↑; ширина дистального эпифиза предплечья ↑; ширина таза ↓.
Мандриков В. Б. и др. (2015) [18]	Художественные гимнастки (n=38; КМС и МС). Спортивные гимнастки (n=38; КМС и МС). Девушки, не спортсменки (n=26). Возраст 18-20 лет.	Сравнения проведены между гимнастками и не спортсменками. У худ. гимнасток: длина тела ↑; масса тела ↓; жировой компонент ↓; тип конституции астенический (тип пропорции для хг – долихоморфный, для сг – мезоморфный)
Цаллагова Р. Б., Кьергаард А. В. (2016) [29]	Художественные гимнастки (n=23; 17-20 лет КМС-15 дев.; МС-8 дев., стаж занятий - 12 лет). Сред. возраст - 18,6 лет.	Автором проведена аналитическая работа. У худ. гимнасток: длина тела в среднем 170,5 см; масса тела – 50,2 кг; ИМТ – 19,1 кг/кв.м.
Выборная К. В. и др. (2021) [6]	Художественные гимнастки (n=102; 6-17 лет). Девушки, не спортсменки (n=340; 7-17 лет).	Сравнения проведены между гимнастками и не спортсменками. У худ. гимнасток: жировая масса ↓↓; скелетно-мышечная масса ↑↑; эктоморфия ↑↑; эндоморфия ↓↓.
Евдокимова Н.В. и др. (2024) [10]	Художественные гимнастки (n=43; 11-17 лет). Девушки, не спортсменки (n=20).	Сравнения проведены между гимнастками и не спортсменками. У худ. гимнасток: жировая масса ↓↓; тощая масса ↓; скелетно-мышечная: ↓; минеральная масса ↓; костная масса ↓; активная клеточная масса ↓; ИМТ ↓.
Корягина Ю.В. и др. (2024) [16]	Художественные гимнастки (n=206; 4-17 лет).	Сравнения проведены между гимнастками разного возраста и стажа. У худ. гимнасток высшей квалификации: масса тела ↓. Авторами отмечены сенситивные периоды увеличение длинных размеров у гимнасток в возрасте 7, 11, 13, 14 лет.
Выборная К.В., и др. (2025) [5]	Художественные гимнастки (n=100; 7,5-19,8 лет). (n=18; Сред. возраст 18,4-19,8 лет).	Сравнения проведены между гимнастками разного возраста и стажа. У худ. гимнасток высшей квалификации: Жировая масса ↓↓.

Продолжение таблицы 2 – Антропометрические показатели эстетических и художественных гимнасток по данным различных авторов

Авторы	Испытуемые	Антропометрические показатели и главные характеристики
Чаюн Д. В. (2025) [30]	Спортсменки (n=23; 12-18 лет) 17% – представительницы спортивной гимнастики, 35% – чир-спорта, 48% – спортивной аэробики). 50% девушек из группы спортивной гимнастики входят в состав сборной команды Российской Федерации и имеют звание «Мастер спорта России». 100% девушек 15–18 лет из группы чир-спорта – члены сборной команды России. Девушки из группы спортивной аэробики являются победителями (12–14 лет) и серебряными призерами (15–17 лет) первенства России 2024 г.	Сравнения проведены между спортсменками разных видов спорта. У худ. гимнасток: длина тела ↑; масса тела ↓; жировая масса ↓↓; мышечная масса ↑↑; ИМТ ↓.
Vicente-Rodriguez G. et al. (2007) [210]	Художественные гимнастки (n=13). Спортивные гимнастки (n=9). Девушки, не спортсменки (n=13). Возраст 12-15 лет.	Сравнения проведены между гимнастками и не спортсменками. У худ. гимнасток: мышечная масса ↑; жировая масса ↓↓; минеральная масса ↑; (корреляция минеральной / мышечной массы, $r=0,84$, $p<0,001$).
Douda H.T. et al. (2008) [82]	Антропометрические характеристики художественных гимнасток по данным полученным в ходе анализа 17 исследований.	Обзорная статья по материалам 17 экспериментальных исследований. У худ. гимнасток: жировая масса ↓↓; ИМТ ↓; нижние конечности: ↑; ширина таза ↓; ширина плеч ↓; ширина дистальных эпифизов рук и ног ↓. У элитных гимнасток средний соматотипом по Хит-Картеру: эндоморфия $\approx 2,0-2,5$; мезоморфия $\approx 3,0-3,5$; эктоморфия $\approx 4,0-4,5$. Отмечена корреляция высоких баллов судей с более низкими процентами жира и большими показателями гибкости.

Продолжение таблицы 2 – Антропометрические показатели эстетических и художественных гимнасток по данным различных авторов

Авторы	Испытуемые	Антропометрические показатели и главные характеристики
Peeters M.W. Claessens A.L. (2012) [178]	Спортивные гимнастки (n=129), до 18,5 лет (16,1±1,2 сред. возраст) скелетный возраст - 14,5±1,2. Девочки, не занимающиеся спортом (n=129), до 18,5 лет (16,1±1,3 сред. возраст) скелетный возраст - 15,2±1,1.	Сравнения проведены между гимнастками и не спортсменками. У гимнасток: эндоморфия ↓↓; мезоморфия ↑; эктоморфия ↑; длина тела ↓; масса тела ↓↓; ИМТ ↓.
Georgopoulos N.A. et al. (2012) [97]	Художественные гимнастки (n=215). Спортивные гимнастки (n=113).	Сравнения проведены между гимнастками разных специализаций. У худ. гимнасток: длина тела ↑; масса тела ↓↓; жировая масса ↓↓; мышечная масса ↑↑.
Purenović-Ivanović T., Popović R. (2014) [180]	Художественные гимнастки (n=40). Гимнастки наивысшего уровня (Сербия).	Сравнения проведены между гимнастками разного возраста и стажа. У худ. гимнасток: эктоморфия ↑↑; мезоморфия ↑; эндоморфия ↓↓. Авторы отмечают, что у гимнасток сбалансированная эктоморфия по схеме Хит-Картера 3,45(эндоморфия)–3,24(мезоморфия)–4,5(эктоморфия).
Ferreira João A, Fernandes Filho J. (2015) [86]	Высококвалифицированные спортсмены (n=46). Спортивные гимнасты (n=21). Спортивные гимнастки (n=25).	Сравнения проведены между гимнастками. Для высококвалифицированных спортивных гимнасток были характерны следующие показатели: мышечная масса - 21,7±3,38 кг; жировой массы - 7,55±2,73 кг; безжировой массы - 38,12±5,77 кг, а процент жира составлял 15,84±3,79 %. Для девушек гимнасток был характерен эктоморфный-мезоморф (по схеме Хит-Картер).
Bacciotti, S. et al. (2017) [46]	Спортивные гимнастки (n=249) из 26 бразильских клубов. Были разделены на 2 группы: Субэлитные (n=68) и неэлитные (n=181) гимнастки. Возраст 9-20 лет (Бразилия).	Сравнения проведены между гимнастками разного возраста и стажа. У субэлитных гимнасток: эктоморфия: ↑; мезоморфия: ↑↑; эндоморфия: ↓. Авторы отмечают увеличение эндоморфного компонента при снижении эктоморфного у гимнасток.

Продолжение таблицы 2 – Антропометрические показатели эстетических и художественных гимнасток по данным различных авторов

Авторы	Испытуемые	Антропометрические показатели и главные характеристики
Bacciotti S. et al. (2017) [47]	Данные телосложения высококвалифицированных гимнасток по результатам анализа 25 исследований.	Обзорная статья по материалам 25 экспериментальных исследований. Примерная усредненная формула соматотипа спортивных гимнасток по Хит-Картеру 2,5(эндоморфия)–5(мезоморфия)–3,5(эктоморфия).
Jürimäe J. et al. (2017) [124]	Художественные гимнастки (n=30). Девушки, не спортсменки (n=30). Возраст 10-12 лет.	Сравнения проведены между гимнастками и не спортсменками. У худ. гимнасток: жировая масса ↓↓; безжировая масса ↓.
Jennifer F.B., et al. (2018) [123]	Спортсменки (n=524). Занимающиеся: гимнастикой (n=42); баскетболом (n=95); лакроссом (n=81); греблей (n=57); футболом (n=188); волейбол (n=61).	Сравнения проведены между спортсменками разных видов спорта. У гимнасток: длина тела ↓↓; масса тела ↓↓; Жировая масса ↓↓.
Silva M.R.G. et al. (2018) [191]	Гимнастки-акробатки (n=61). Сред. возраст 12,8±3,1 лет. (Португалия)	Сравнения проведены между гимнастками-акробатки разного возраста и стажа. У гимнасток-акробаток: масса тела ↓↓; жировая масса ↓↓.
Kolimechkov S. et al. (2019) [137]	Гимнасты (n=76). Художественные гимнастки (n=43). Мальчики-гимнасты (n=33) В возрасте от 5-14 лет (Болгария).	Сравнения проведены между гимнастками разного возраста и стажа. У худ. гимнасток: длина тела ↓↓; Масса тела ↓↓; жировая масса ↓↓.
Miteva S., et al. (2019) [160]	Художественные гимнастки (n=21) Первая национальная команда (сред. возраст 24,2 года); Вторая национальная команда (сред. возраст 17,8 года); Юниорская национальная команда (сред. возраст 12,6 года).	Сравнения проведены между гимнастками представительницами национальной сборной. Для первой национальной команды характерна: жировая масса ↓↓; мышечная масса ↑↑.

Окончание таблицы 2 – Антропометрические показатели эстетических и художественных гимнасток по данным различных авторов

Авторы	Испытуемые	Антропометрические показатели и главные характеристики
Kaur K., Koley S. (2019) [125]	Антропометрические характеристики художественных гимнасток по результату анализа 16 исследований	Обзор по материалам 16 экспериментальных исследований. У худ. гимнасток: жировая масса ↓; безжировая масса ↑.

Примечания:

- 1) ↑ - больше, чем в группе сравнения;
- 2) ↑↑ - значительно больше, чем в группе сравнения;
- 3) ↓ - меньше, чем в группе сравнения;
- 4) ↓↓ - значительно меньше, чем в группе сравнения.

В свою очередь Massidda M. и др. [152], анализируя показатели элитных гимнасток сборной Италии, подтверждают результаты предыдущих авторов: для девушек-спортсменок характерно меньшее развитие эндоморфии и большее развитие мезоморфии. А у гимнасток-юниорок значение эктоморфии было больше, чем у спортсменок старшего возраста ($p < 0,01$), что, вероятно, отражает растущее влияние полового развития над эффектами тренировок [152].

Данные результаты также подтверждаются в работе Ferreira João A, Fernandes Filho J. [86], где отмечается, что высококвалифицированным спортивным гимнасткам соответствовал экто-мезоморфный соматотип. А соотношение компонентов состава тела было следующим: мышечная масса - $21,7 \pm 3,38$ кг (49,5 % - относительная мышечная масса); жировая масса - $7,55 \pm 2,73$ кг; безжировая масса - $38,12 \pm 5,77$ кг, а процент жира составлял $15,84 \pm 3,79$ %.

Обобщенные и ценные данные на 2017 год по морфологическим особенностям спортивных гимнасток были опубликованы в систематическом обзоре [47]. Авторы отобрали и критически оценили результаты тщательно отобранных 25 исследований телосложения элитных спортивных гимнасток. Авторы установили уникальный и специализированный фенотип гимнасток,

который соответствовал мезоморфному типу с уклоном в мускулистость и компактность костного компонента при низком уровне жировой массы. Примерная усредненная формула соматотипа по Хит-Картеру выглядит как: 2,5(эндоморфия)–5(мезоморфия)–3,5(экторморфия). Кроме того, характерными антропометрическими особенностями элитных гимнасток были низкий рост и сниженный вес. Спортивные гимнастки отличались меньшим весом и ростом не только относительно обычных девушек, но и спортсменок многих других видов спорта (футбола, баскетбола и т.д.). Кроме низких величин жировой массы, гимнастки чаще обладают меньшими размерами плеч и таза, а также окружностью грудной клетки. Важным отличием были длинные ноги относительно туловища, что связывают с эстетическими критериями. Однако эти антропометрические особенности не различались значительно между спортсменками разной квалификации, и не обнаружено единого мнения о влиянии этих характеристик на спортивный результат. Важным итогом работы было заключение о том, что данные все-еще малочисленны, уже устаревшие и необходимы дополнительные исследования, особенно в эстетической гимнастике.

Обзор отечественных литературных источников показывает примерно схожую с международными данными картину по телосложению спортсменок, занимающихся разными видами, связанными с гимнастикой. Так, Кокорина Е.А. и соавторы [15] анализировали морфофункциональные характеристики девушек, занимающихся спортивной аэробикой. Авторы отмечают, что спортсменки мастера спорта отличаются сниженным содержанием эндоморфного компонента и преобладанием мезоморфного типа телосложения. При этом у «медленно тренируемых» аэробных гимнасток отмечается преобладание эндо-мезоморфии с более выраженным скелетом и мускулатурой. Показатели спортсменок, перешедших из гимнастики в аэробику, и успешных спортсменок, не различались. Также было установлено, что высококвалифицированные спортсменки обладают более длинной голенью, но меньшими показателями длины бедра и корпуса [15] (Таблица 2).

Оценивая морфологические показатели студенток, занимающихся спортивной гимнастикой, Волкова Е.С., Сальникова Е.П., Гребнева А.С. [4] установили, что 63% спортсменок, занимающихся художественной гимнастикой, принадлежали к мезоморфному типу телосложения. Кроме того, у гимнасток была длиннее кисть, шире дистальная часть предплечья и уже таз в сравнении с девушками контрольной группы [4].

В ряде исследований проводилось сравнение физических и антропометрических данных у спортсменок близких видов спорта: спортивной и художественной гимнастики [18].

В работе Vicente-Rodriguez G. et al. [210] проведено сравнительное перекрестное исследование костной и мышечной массы в период активного роста у юных спортсменок, занимающихся спортивной и художественной гимнастикой, жителей острова Гран-Канариа. Авторы стремились понять, как различные механические нагрузки: ударные и силовые нагрузки, например, прыжки, опорные элементы в спортивной гимнастике (Artistic gymnastics) и нагрузки, сочетающие динамические вращения с гибкостью, без сильных ударных воздействий художественной гимнастики (Rhythmic gymnastics) влияют на опорно-двигательный аппарат. В результате исследования установлено, что спортивные гимнастки продемонстрировали значительно более высокую минеральную плотность костной ткани, в особенности, в подверженных нагрузке участках (поясничный отдел позвоночника, шейка бедра), по сравнению как с контрольной группой, так и с художественными гимнастками. Обе группы гимнасток имели большую общую мышечную массу, чем контрольная группа. При этом спортивные гимнастки также превосходили по этому показателю художественных атлетов, особенно в области верхних конечностей, что логично, учитывая силовую работу на снарядах [210]. Художественные гимнастки, хотя и превосходили контрольную группу, в целом уступали спортивным гимнасткам как по костной, так и по мышечной массе. Это прямо указывает на то, что ударные и высокоамплитудные силовые нагрузки в спортивной гимнастике являются более мощным стимулом для

укрепления скелета и наращивания мышц, чем преимущественно безударные и гибкостные нагрузки. Однако художественные гимнастки имели самый низкий процент жира в организме среди всех трёх групп, а спортивные гимнастки занимали промежуточное положение, но их процент жира также был значительно ниже, чем в контрольной группе, не занимающейся спортом. Эти данные согласуются с эстетическими требованиями обоих видов спорта и подтверждают выводы из более позднего систематического обзора Vacciotti et al. [47].

В отечественном сравнительном исследовании Мандриков В.Б. и др. [18] установили, что, общей для художественных и спортивных гимнасток особенностью строения тела была астеническая конституция, повышенные показатели мышечного компонента и индекса соотношения ширины плеч к ширине таза. Спортивные гимнастки были ниже ростом и легче, обладали наименьшим процентом жировой массы, но большим уровнем мышечной массы. Тип пропорций тела у них был более мезоморфным (отмечается маскулинизация) за счёт относительно более длинного туловища. Художественные гимнастки были выше, имели меньший процент жира, чем контрольная группа, а также выше, чем спортивные гимнастки. Для них характерны долихоморфные пропорции — относительно более длинные ноги и более короткое туловище, что важно для эстетики тела. Таким образом, стоит отметить, что гимнастки-художницы — это спортсменки среднего роста, мускульно-астенического типа телосложения с долихоморфными пропорциями (тип пропорций тела человека, характеризующийся узким коротким туловищем и длинными конечностями), тогда как спортивным гимнасткам больше соответствует мускульно-астенический тип телосложения с мезоморфным типом пропорций тела (тип с широкими плечами и узким тазом), с умеренным количеством жировой ткани и выраженным развитием мышечной массы [18].

Хотя спортивная гимнастика имеет много схожих особенностей с художественной гимнастикой, всё же существуют специфические особенности

в спортивной деятельности, что отражается в характерных особенностях соматотипа спортсменок.

Значительный вклад в понимание специфики телосложения художественных гимнасток внес систематический обзор [82]. В мета-анализе Douda et al. [82] детально систематизированы и проанализированы антропометрические характеристики художественных гимнасток, которые могут являться ключевыми детерминантами их спортивного результата. Работа обобщила данные 17 исследований, что позволило сделать надежные выводы. Спортсменки были разделены на юниорок (средний возраст 12-13 лет) и взрослых элитных гимнасток (средний возраст около 17-18 лет). Установлено, что с возрастом и повышением уровня мастерства различия в телосложении между гимнастками и нетренированными сверстницами становятся более выраженными. В отношении телосложения обзор показал, что для художественных гимнасток характерна долихоморфия (линейный, вытянутый тип телосложения). Другие антропометрические особенности включали: длинные нижние конечности относительно туловища, узкий таз и узкие плечи, длинные и тонкие сегменты рук и ног. Такие длинные конечности считаются эстетически предпочтительными для этого вида, поскольку способствуют большей амплитуде движений и формируют эстетичность спортсменок и команды. Доминирующим соматотипом по Хит-Картеру у художественных гимнасток был эктоморфный тип с преобладанием линейности, тонкости тела. Средние баллы для элитных гимнасток были следующие: эндоморфия $\approx 2,0$ – $2,5$; мезоморфия $\approx 3,0$ – $3,5$; эктоморфия $\approx 4,0$ – $4,5$. Это подтверждает образ крайне стройной, легкой, но при этом умеренно мускулистой гимнастки. Авторы не просто констатировали специфические компоненты соматотипа, но и выявили его взаимосвязь со спортивной успешностью. Показано, что антропометрические характеристики были прогностическим фактором спортивного успеха. Наиболее сильная корреляция с высокими баллами судей была выявлена для низкого процента жира в организме и высоких показателей гибкости. Низкий индекс массы тела и показатели долихоморфии также

оказались связаны с техническим мастерством и эстетическим восприятием упражнения. В данном обзоре был предложен специфический антропометрический профиль элитной художественной гимнастки. Такая спортсменка имеет эктоморфное телосложение с очень низкой массой тела и крайне низким процентом жира ($<14\%$), но с развитой относительно общей массы тела мышечной компонентой. Её рост, как правило, средний, а отличительными чертами являются длинные конечности, узкие суставы и выдающаяся гибкость. Вместе с тем, данная работа была одна из первых, объединившая несколько отдельных наблюдений, которые использовали разные методики оценки состава тела и, как признали сами авторы, это могло внести большие погрешности и расхождения, что требует дополнительных исследований.

Анализ роли антропометрических характеристик в достижении высоких результатов в различных видах гимнастики: художественной, спортивной, а также в акробатике, был обобщен в систематическом обзоре 2019 года [125]. Авторы пришли к выводу, что успех в гимнастике в значительной степени зависит от физических качеств спортсмена: взрывной силы, скорости, аэробной и анаэробной выносливости, ловкости, а также соматических размеров, соматотипа и состава тела. Из морфологических показателей авторы выделили низкий процент жира и относительно высокую безжировую массу в качестве критически важных параметров для всех видов гимнастики, особенно для художественной. Спортивные результаты в спортивной гимнастике коррелировали с высокими показателями мезоморфии, а в художественной гимнастике – с преобладанием мезоморфной и эктоморфной компоненты (сочетание мышечного развития с тонкой и длинной костной основой конечностей). Авторы заключили, что антропометрические характеристики, наряду с гибкостью, взрывной силой и аэробными способностями, являются важнейшими факторами, способствующими качественному исполнению гимнастических упражнений.

Дополнительную информацию о соматотипе элитных художественных гимнасток сборной Сербии приводят авторы в работе Purenović-Ivanović T. и Rorović R. [180]. Ими подтверждается, что для элитных художественных гимнасток характерно очень стройное телосложение (доминирующая эктоморфия) с умеренно развитой мускулатурой (мезоморфия) и минимальным количеством жировой ткани (крайне низкая эндоморфия). Однако, показатель эндоморфии положительно коррелировал ($r=0,58$) с возрастом, то есть, чем старше была гимнастка в исследуемом диапазоне ($\approx 12-18$ лет), тем выше у нее была масса жировой ткани. Напротив, показатель эктоморфии отрицательно коррелировал ($r=-0,54$) с возрастом, означая, что по мере взросления и полового созревания эктоморфный компонент (линейность, "худощавость") имел тенденцию к снижению. Прирост жирового компонента по мере взросления у девочек-гимнасток был также показан бразильскими авторами [46]. Авторы в лонгитюдном исследовании оценивали претенденток в сборную Бразилии по спортивной гимнастике в возрасте 11-20 лет. Авторы отметили, что если в младшей возрастной группе (11-13 лет) доминирующим был эктоморфный компонент, то в старшей группе (15-20 лет) соматотип смещался в сторону сбалансированного мезоморфно-эктоморфного профиля. В ходе лонгитюдного наблюдения был зафиксирован достоверный рост показателя эндоморфии по мере взросления гимнасток. Это прямо указывает на постепенное увеличение относительного содержания жировой ткани с возрастом, даже при сохранении элитного тренировочного статуса [46]. Авторы интерпретируют этот рост как часть нормального процесса полового созревания. Организм девушки естественным образом увеличивает запасы жировой ткани, что является важным физиологическим изменением. Таким образом, в период подросткового и юношеского возраста у гимнасток элитного уровня наблюдается объективная физиологическая тенденция к увеличению эндоморфного компонента (жировой массы), что ставит дополнительные вопросы тренерам и специалистам в гимнастике и создает предпосылки для дальнейших исследований

динамических процессов антропометрических особенностей у художественных гимнасток.

Подводя итог вышесказанному, можно сделать вывод, что для художественных гимнасток характерно преобладание мезоморфного и эктоморфного компонента. Данное соотношение состава тела вероятнее всего является результатом отбора в течение длительной спортивной подготовки и систематических нагрузок, а также эстетических требований в гимнастике. При этом стоит отметить, что с возрастом у гимнасток отмечается увеличение эндоморфного компонента, что является следствием полового развития женского организма. Важным выводом обзора литературных источников является отсутствие серьезных исследований антропометрических данных спортсменок, занимающихся эстетической гимнастикой.

1.3.2 Особенности общей массы тела и индекса массы тела гимнасток

Низкая общая масса тела является одним из важных факторов результатов выступлений на соревнованиях в спортивной [125] и художественной [82, 148] гимнастике. Во многом отрицательная связь обусловлена увеличением относительной силы, что обеспечивает более легкое исполнение сложных технических элементов на спортивных снарядах с весом собственного тела и в прыжковых движениях.

Анализ массы тела у гимнасток показывает, что она чаще снижена как у спортивных [178, 210], так и художественных [82, 148, 210] гимнасток.

В работе Peeters M.W., Claessens A.L. [178] был проведен анализ антропометрических показателей спортивных гимнасток (Таблица 2). По результатам работы было установлено, что спортивные гимнастки обладали меньшей массой тела (на 7,7 кг, $p < 0,01$) и ИМТ (на 1,46 кг/м², $p < 0,01$), чем сверстницы, ведущие малоподвижный образ жизни. При этом у гимнасток выявлялся более развитый мезоморфный компонент, при меньшем развитии эндоморфного [178].

В работе Выборной и др. отмечается, что художественные гимнастки обладают меньшими показателями тотальных размеров тела, особенно с 1-го периода детства до подросткового возраста по длине и массе тела, ИМТ, а также по обхвату талии и бёдер. Отмечается сниженное значение жировой массы тела у гимнасток в отличие от девушек, не занимающихся спортивной деятельностью, при этом большие показатели СММ (скелетно-мышечной массы) демонстрируют большее развитие мышечного компонента у девочек-гимнасток. В свою очередь, автор отмечает, что гимнастки обладают большими значениями эктоморфии и достоверно меньшими значениями эндоморфии [6].

Однако различия между группами исследуемых, в частности между гимнастками и контрольной группой девушек, не занимающихся спортом, могут быть обусловлены особенностями контрольной группы. Действительно, в работе Kolimechkov S. [137] у спортивных гимнасток в различных возрастных диапазонах: 5-9 лет, 10-14 лет ИМТ находился в пределах нормы, что свидетельствует о нормальном физическом развитии. В работе Мандрикова В. Б. и др. [18] выявлена интересная особенность: у спортивных гимнасток общая масса тела была меньше, чем у контроля, но за счёт меньшего роста, ИМТ не отличался от контрольных значений. Напротив, у художественных гимнасток масса тела не отличалась от контроля, но за счёт большего роста, ИМТ был ниже [18].

Подводя итог вышесказанному, можно сделать вывод, что для успешных гимнасток характерны сниженные значения массы тела и ИМТ и, в целом, преобладание мезоморфного компонента при меньшем развитии эндоморфного.

1.3.3 Мышечная масса тела гимнасток

Несмотря на снижение общей массы тела, относительная мышечная масса, а в ряде случаев и абсолютная мышечная масса, тощая и безжировая масса тела у гимнасток спортивного и художественного стиля повышена [18,

210]. В работе Vicente-Rodriguez G. et al. [210], а также Мандрикова В.Б. и др. [18] показано, что как спортивные, так и художественные гимнастки имеют статистически значимо более высокую мышечную массу, чем их нетренированные сверстницы (Таблица 2). Большая мышечная масса у гимнасток обоих стилей, по-видимому, связана с высокими нагрузками силового характера, которые вызывают гипертрофию рабочих мышц [18, 210]. В исследовании Vicente-Rodriguez G. et al. [210] также отмечается, что у спортивных гимнасток наблюдалась гипертрофия мышц даже в препубертатном возрасте, что связано с высокоинтенсивными ударными нагрузками. Сравнение двух видов гимнастики между собой показывает наличие специфики: данные Vicente-Rodriguez G. et al [210] указывают, что спортивные гимнастки имеют бóльшую абсолютную мышечную массу, чем спортсменки из художественной гимнастики. Очевидно это связано с большим количеством нагрузок силовой и ударной направленности в спортивной гимнастике. Напротив, в художественной гимнастике доля силовых и взрывных технических элементов меньше, а упражнений на растяжку и достижение максимальных амплитуд больше, что объясняет различия по мышечной массе между двумя видами [210].

1.3.4 Жировая масса тела гимнасток

Жировая масса составляет важный компонент общей массы тела. Сниженная общая масса тела при повышенной тощей массе однозначно подразумевает пониженное содержание жировой ткани у гимнасток обоих видов. По результатам многих исследований отечественных [5, 10, 15, 29, 30] и зарубежных авторов [46, 123, 124, 137, 160, 178, 180, 191, 210] можно отметить, что у спортивных и художественных гимнасток содержание жировой массы тела снижено по отношению к девушкам контрольной группы (Таблица 2).

Сравнительный анализ антропометрических показателей и состава тела (рост, масса, процент жира, жировая и безжировая масса) у 528 девушек-

студенток наивысшего студенческого уровня США (National Collegiate Athletic Association), занимающихся шестью видами спорта: спортивная гимнастика, гребля, баскетбол, футбол и волейбол, с целью создания референсных значений для тренеров, специалистов по силовой подготовке и питанию [87]. В исследовании было показано, что у гимнасток были наименьшие размеры тела (рост, масса), наименьшая жировая масса и наименьшая безжировая масса в абсолютных значениях. Однако относительная величина жировой массы была наименьшая, а тощей массы – наибольшая у гимнасток.

Интересные результаты лонгитюдного наблюдения за ростовыми процессами, в том числе антропометрическими данными, у спортивных и художественных гимнасток были приведены в работе [97]. Авторы установили, что художественные гимнастки были выше ростом, имели более высокий целевой рост (по данным расчёта из роста родителей), более низкие ИМТ и процент жировой массы. Кроме того, скорость роста была у них выше в позднем подростковом возрасте, что позволило им, в итоге, превысить целевой рост родителей. У спортивных гимнасток, которые начинали тренироваться раньше художественных гимнасток, был более высокий (но ниже, чем в норме) процент жира и, что критично, значительно более развитая мышечная масса, необходимая для выполнения технических элементов с выраженным силовым компонентом, что в итоге сочеталось с высоким ИМТ при меньшем росте и жировой массе. Окончательный рост у спортивных гимнасток оказался ниже целевого, хотя разница была не столь выраженной. Авторы заключили, что художественные гимнастки – это астеничные девушки, которые, благодаря специфике своего вида спорта (меньшая травматичность зон роста) и задержке созревания, не только сохранили, но и превысили свой генетический рост (рассчитанный на основе данных родителей, как целевая длина тела), тогда как спортивные гимнастки — это генетически более низкорослые и плотные спортсменки, у которых интенсивные ударные нагрузки, вероятно, слегка ограничили реализацию их и без того невысокого генетического потенциала.

Критически низкая жировая масса была выявлена у трёх национальных команд Болгарии по художественной гимнастике: у 16 (т.е. 76%) из 21 гимнастки процент жировой массы был ниже рекомендованного значения для поддержания нормального гормонального фона (17–22%), то есть можно сказать о дефиците жировой массы в теле элитных болгарских художественных гимнасток [160]. В первой национальной команде % жировой массы был 13,9%, во второй команде – 17,0, а в юниорской - около 15,6 %. У большинства гимнасток ИМТ ниже нормы или на нижней границе нормы. Однако во всех командах отмечался высокий процент мышечной массы: 44,0%, 40,5% и 37,6% соответственно. Такая антропометрическая картина была связана, в том числе с низкой энергетической ценностью питания за счёт снижения потребления жиров и углеводов, а также специальных мер по снижению массы тела. Результаты работы указывают на необходимость учета особенностей питания и контроля веса в художественной гимнастике, чтобы предотвратить долгосрочные риски для здоровья спортсменок.

Взаимосвязь жировой массы с 12 воспалительными и противовоспалительными цитокинами крови были изучены у девочек 11-12 лет, занимающихся и соревнующихся в художественной гимнастике [124]. Несмотря на сниженные величины общей массы, жировой массы и массы тела, существенных различий между группами по воспалительным и противовоспалительным цитокинам крови не выявлено, за исключением пониженного адипокина – лептина. В этом аспекте можно заключить, что юные художественные гимнастки обладают низкой жировой массой, но это не оказывает выраженного противовоспалительного эффекта, при этом гимнастки, вероятно, гиполептинемичны.

Отечественные исследования по оценке жировой массы у гимнасток разных стилей полностью согласуются с зарубежной литературой.

В диссертации Кокорина Е.А. [15] анализировала девушек, занимающихся спортивной аэробикой высокой квалификации. Она выявила, что у спортсменок «МС» в отличие от менее квалифицированных спортсменок

от 1 разряда до «КМС» было значительно меньшее количество жировой массы ($17 \pm 0,6$ %). У более квалифицированных гимнасток отмечались значительно меньшие показатели кожной жировой складки на плече сзади на 3,8 мм ($p < 0,01$), на животе сбоку на 2,6 см ($p < 0,01$), на голени на 9,6 мм ($p < 0,001$), а также большие значения мышечной массы, чем у менее квалифицированных девушек 1 разряда или «КМС» [15].

Сравнительный анализ жировой массы, проведенный в работе Мандриков В.Б. [18] показал, что гимнастки-художницы в отличие от спортивных гимнасток обладают большими показателями жировой массы тела на 3 % ($p < 0,05$). Эти результаты отличаются от других данных, показывающих наименьшую жировую массу у художественных гимнасток в сравнении со спортивными гимнастками [97].

В недавнем исследовании представлены результаты биоимпедансного анализа компонентов состава тела девушек сборных команд Тюменской области по чир-спорту, спортивной гимнастике и аэробике. Автор установил, что среди девушек 15–18 лет, занимающихся спортивной гимнастикой, наблюдались наименьшие относительные показатели жирового компонента по сравнению с представительницами чир-спорта и спортивной аэробики. В младшей возрастной группе (12–14 лет) масса тела девушек из разных видов спорта была более схожей [30]. Наибольшие различия в относительных показателях жирового компонента и массы тела фиксировались именно в старшей возрастной группе (15–18 лет). Более того, отмечается, что 100% гимнасток характеризовались дефицитом массы тела и мышечной гипертрофией всех сегментов тела, что может косвенно указывать на более низкий процент жировой и высокий уровень развития мышечной массы. В свою очередь, у спортсменок, занимающихся аэробикой дефицит жировой массы, отмечается у 54,5%, а для представительниц чир-спорта — лишь 12%.

Подводя итог вышесказанному, стоит отметить, что для гимнасток характерно значительно меньшее развитие жировой массы тела в отличие, как от спортсменок других видов спорта, так и от девушек, не занимающихся спортом. Однако научных работ по особенностям жирового компонента тела у эстетических гимнасток не обнаружено.

1.4 Психофизиологический стресс у гимнасток

1.4.1 Понятие стресса и нейроэндокринные механизмы стресс-реакции

Стресс представляет собой неспецифическую системную реакцию организма на действие стрессоров — факторов внешней или внутренней среды, нарушающих гомеостаз.

Стресс в физиологии, с одной стороны, и в психологии — с другой, рассматривается как относительно самостоятельные механизмы, описываемые в разных понятийных рамках. Физиологический стресс — это нейроэндокринная реакция организма, а психический стресс — это когнитивно-эмоциональный процесс, возникающий в результате субъективной оценки несоответствия между требованиями ситуации и имеющимися ресурсами при высокой значимости исхода. В отличие от физиологического стресса (неспецифической нейроэндокринной реакции), психический стресс разворачивается в психологической сфере и, в зависимости от знака оценки, реализуется либо в форме, активирующей «боевую готовность» (то есть мобилизации), либо в форме дезорганизующей тревоги (страх, паника) [216].

В физиологии (теория Г. Селье и современная нейроэндокринология) под «стрессом» понимается общая и неспецифическая реакция стресс-системы (гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой стресс-системы и симпатoadреналовой системы) и вегетативных органов на раздражитель, превышающий адаптационные пороги гомеостаза. Мобилизация организма в

ответ на стрессор осуществляется двумя тесно взаимосвязанными нейроэндокринными системами: 1) симпато-адреналовой и 2) гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой системами [2, 19, 208].

Симпато-адреналовая система (САС) — обеспечивает быстрый, кратковременный ответ. Гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковая ось (ГГНО) — отвечает за развитую и пролонгированную адаптацию к сильному и длительному стрессу [2, 11, 19, 208].

Механизм быстрого ответа на сильный раздражитель обеспечивается симпато-адреналовой системой. Активация САС является одной из первоочередных реакций на стрессор. При возбуждении симпатического отдела вегетативной нервной системы происходит стимуляция мозгового вещества надпочечников, ведущая к массивному выбросу катехоламинов — адреналина и норадреналина. Этот катехоламиновый всплеск инициирует комплекс физиологических сдвигов, известный как реакция «бей или беги»: а) кардиореспираторные изменения: увеличение частоты сердечных сокращений и дыхания для усиления оксигенации тканей; б) гемодинамические сдвиги: повышение артериального давления вследствие вазоконстрикции (сужения просвета сосудов); в) метаболические эффекты: ускорение катаболизма гликогена печени и жировых депо с целью мобилизации энергетических ресурсов (глюкозы и свободных жирных кислот), необходимых для обеспечения энергосубстратами нервной, мышечной и, в меньшей мере, других систем [208]. Физиологический смысл активации САС — экстренная мобилизация организма для немедленного противодействия угрозе.

Вторая стресс-система, включающаяся несколько позже САС, в развитие и поддержание напряжения организма — гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковая ось (ГГНО) [11, 208]. ГГНО является ключевой нейроэндокринной системой, обеспечивающей долгосрочную адаптацию и поддержание гомеостаза в условиях напряжения. Её активация происходит по каскадному принципу. Первично гипоталамус, в ответ на стрессорный стимул, секретирует кортикотропин-рилизинг-гормон (КРГ). КРГ стимулирует

переднюю долю гипофиза к синтезу и выбросу адренокортикотропного гормона (АКТГ). АКТГ, поступая в кровоток, воздействует на корковый слой надпочечников, индуцируя секрецию глюкокортикоидов (у человека — преимущественно кортизола). Глюкокортикоиды выполняют центральную роль в адаптации: а) потенцируют эффекты катехоламинов, поддерживая вазоконстрикцию и мобилизацию энергии; б) регулируют метаболические процессы (гликогенолиз, липолиз); в) модулируют, в основном, подавляют активность иммунной и воспалительной реакций; влияют на когнитивные функции и пищевое поведение [11, 101, 200, 208].

Важнейшим элементом функционирования ГГНО является механизм отрицательной обратной связи. Высокие концентрации кортизола подавляют секрецию КРГ в гипоталамусе и АКТГ в гипофизе, что предотвращает гиперактивацию системы и обеспечивает саморегуляцию, сохраняя внутренний баланс организма [11, 208].

В психологии, в частности в модели McGrath J.E. и её спортивной адаптации Weinberg R.S., Gould D. [216], «стресс» определяется как процесс и результат когнитивной оценки баланса между физическими/психологическими требованиями, предъявляемыми к человеку, и его способностью ответить на эти требования (наличием субъективно оцениваемых ресурсов), при условии, что неудача в удовлетворении этих требований имеет важные последствия.

Психологическая модель стресса Weinberg & Gould [216] включает 4 этапа, в которой мы можем видеть третий этап собственно стрессовой реакции. Первый этап – внешний объективный раздражитель, требующий напряжения (например, спортивная задача). Второй этап – процесс субъективного восприятия и оценки этих требований, в ходе которого индивид определяет, достаточно ли у него ресурсов для совладания и насколько высока «цена» возможной неудачи. Третий этап – собственно стресс-реакция. Она представляет собой интегральный ответ организма, включающий: а) физиологическую стресс-реакцию (активация физиологических стресс-систем); б) когнитивно-эмоциональную реакцию, которая, обусловленная когнитивной

оценкой на втором этапе, может принимать форму либо активирующей «боевой готовности» (то есть психическую мобилизацию), либо в форме дезорганизующей тревоги (страх, паника), снижающей эффективность функционирования организма. Четвертый этап – поведенческие последствия. В зависимости от того, какая форма когнитивно-эмоциональной реакции преобладала на третьем этапе, на четвертом этапе мы наблюдаем либо рост эффективности, либо дезорганизацию деятельности и срыв [216].

Таким образом, стресс представляет психо-физиологическую реакцию на действие сильного раздражителя, и по многим данным способен оказывать влияние на системы управления движениями и регуляцию позы, в частности.

Впервые взаимосвязь между уровнем стрессового возбуждения и эффективностью выполнения двигательной задачи была сформулирована американскими психологами Робертом Йерксом и Джоном Додсоном в 1908 году и стала известна как закон Йеркса-Додсона (Yerkes & Dodson), имеющий вид перевернутой буквы «U». Согласно этому эмпирическому закону при низком уровне возбуждения производительность будет ниже нормы, по мере роста возбуждения эффективность деятельности повышается до максимального уровня, но дальнейшее повышение возбуждения с возникновением тревоги вызывает резкое снижение результативности действий [41, 216]. Механизм снижения результативности под влиянием высокого психического возбуждения полностью не ясен. Однако предложены следующие нейрофизиологические механизмы нарушения управления движениями под влиянием психического стресса.

В обзоре 2015 года Yu R. выделены три теории нарушения точности и автоматизма двигательного навыка в условиях психического стресса: теория отвлечения внимания, теория избыточной фокусировки на выполнении задачи и теория чрезмерного возбуждения [220].

Теория «отвлечения внимания», то есть снижения результативности деятельности, связана с переключением и усилением внимания на посторонних событиях, не связанных с решением двигательной задачи [67], например, на

отрицательном результате из-за возможной ошибки. В результате обдумывание «предполагаемого результата» потребляет ресурсы рабочей памяти, необходимые также для автоматического выполнения навыка. Возникающий дефицит ресурсов рабочей памяти не позволяет поддерживать автоматизированное выполнение навыка, что вынуждает переходить к сознательному, пошаговому контролю движений. Такой переход сам по себе ресурсозатратен и, будучи наложенным на уже существующий дефицит памяти, приводит к деавтоматизации, замедлению и ошибкам в исполнении. Нейрофизиологически механизм «теории отвлечения внимания» реализуется через последовательную активацию трёх крупных нейросетей: сети значимости, сети когнитивного (сознательного) контроля поведения и двигательной исполнительной сети. Внешнее давление, несущее опасность спортсмену (информация о высокой значимости результата), прежде всего, детектируется сетью выявления значимости (salience network), ключевыми структурами которой являются передняя островковая кора и передняя поясная кора. Эта сеть оценивает важность информации для текущего поведения и информирует другие нейросети об угрозе. Обнаружив угрозу, сеть значимости активирует фронто-париетальную сеть. Данная сеть, включающая дорсолатеральную префронтальную кору и заднюю теменную кору, выполняет функцию когнитивного контроля, включающего рабочую память. Активированная фронто-париетальная сеть начинает интенсивно использовать ресурсы рабочей памяти, локализованные в дорсолатеральной префронтальной коре, для обработки угрозы. Это приводит к дефициту этих ресурсов рабочей памяти для исполнительных двигательных сетей, которые в норме обеспечивают автоматическое, произвольное выполнение хорошо заученных навыков [221]. В результате двигательная сеть (ассоциативная префронтальная кора-стриатум+мозжечок-двигательная кора) не может функционировать в автоматическом режиме. Префронтальная кора, пытаясь компенсировать этот сбой, вынуждена взять на себя сознательный, пошаговый контроль над движениями, что ведёт к их деавтоматизации, замедлению и потере точности.

Таким образом, ключевым звеном теории отвлечения является конкуренция за ресурсы рабочей памяти между когнитивными процессами для борьбы с угрозой и двигательными процессами, необходимыми для эффективного выполнения двигательной задачи [220].

Теория «избыточной фокусировки внимания» на выполнении задачи объясняет нарушение двигательного действия вследствие повышенной концентрации внимания на выполнении отдельных этапов двигательного действия [51]. В условиях значительного психического возбуждения из-за важности результата возникает тревога за возможное неправильное выполнение навыка и, как результат, сознание вмешивается в процессы управления движениями, снижая автоматические процессы управления. В психологии это объясняется как возвращение из контроля за счёт имплицитной памяти обратно в сознательный эксплицитный контроль в ошибочной надежде на большую эффективность. В результате навык деавтоматизируется: утрачиваются его плавность, целостность и временная структура [51]. Исполнитель регрессирует к нестабильному и неэффективному стилю, характерному для начинающих, что неизбежно ведёт к снижению результативности и появлению ошибок.

Нейрофизиологически активация механизма «избыточной фокусировки внимания», вначале происходит по тому же механизму, что и «отвлечения внимания»: от детекции конфликта и угрозы ошибки с помощью нейросети значимости к последующей активации фронто-париетальной сети контроля, ответственной за сознательное целенаправленное поведение, рабочую память [221], однако далее ход нейрональных процессов меняется. Активная фронто-париетальная сеть посылает нисходящие тормозные сигналы в стриатум (часть базальных ганглиев) с целью «улучшения двигательного контроля за счёт собственного управления движениями». Стриатум (вместе с мозжечком) в норме обеспечивает автоматическое, плавное выполнение навыка за счёт процедурной (имплицитной) памяти. Однако в результате торможения стриатума фронто-париетальной сетью доступ к автоматизированным двигательным программам блокируется. Процедурная память временно

отключается. Двигательная система переключается на эксплицитный (сознательный) контроль, реализуемый через дорсолатеральную префронтальную кору. Атлет начинает выполнять движение не целостно, а поэтапно, контролируя каждую фазу. Сознательный контроль, будучи медленным и ресурсозатратным, разрушает временную структуру навыка. Происходит регрессия к менее результативному исполнению, характерному для начальных стадий научения: теряется плавность, появляются скованность и ошибки. Например, показано, что опытные гольфисты лучше выполняли удары по мячику, когда их внимание было отвлечено от процесса выполнения удара второстепенными задачами или когда они делали упор на скорость выполнения удара [52].

Теория «чрезмерного возбуждения» объясняет нарушение двигательной деятельности за счёт избыточного возбуждения, вызванного высокой внутренней мотивацией или внешним давлением на сознание спортсмена. Хотя, согласно закону Йеркса-Додсона, высокий уровень исполнения простых или хорошо заученных задач требует повышенного возбуждения, при этом избыточное возбуждение может снизить результативность сложных или плохо освоенных задач. Например, у опытных баскетболистов с высоким уровнем страха негативной оценки, который измерялся с помощью опросника, наблюдалось значительное снижение результативности в серии бросков мяча в корзину при повышении давления, вызываемого денежной премией за успешные броски с использованием видеосъемки и зрителей, с низкого до высокого [156]. Присутствие других людей, будь то пассивные наблюдатели, дружелюбная аудитория или враждебно настроенная публика, является достаточным условием для проявления эффектов социальной активации и социальной интерференции [62]. В других исследованиях уточнили концепцию возбуждения, выявив негативное влияние эмоционального напряжения на различные виды деятельности, в том числе хорошо освоенные и привычные [42]. В последние годы на основе нейровизуализации представлены гипотезы для нейрофизиологической расшифровки этой теории. Считается, что в

условиях острого психического стресса передняя поясная кора (структура, ответственная за оценку конфликта между ожидаемыми событиями и реальными результатами и запуск эмоций), обнаружив рассогласование между ожидаемым и реальным ходом событий, посылает сигнал тревоги в орбитофронтальную кору, которая, оценив ситуацию как потенциально опасную, запускает механизм генерализованного торможения базальных ганглиев, ответственных за запуск автоматизированных движений [118]. В норме стриатум работает как фильтр, пропуская нужные программы и подавляя конкурирующие. Однако при гиперторможении (как при стрессе), прохождение разрешающего двигательный автоматизм сигнала блокируется. Автоматические навыки оказываются заблокированными. Доступ к процедурной (имплицитной) памяти временно закрыт. В результате спортсмен оказывается в состоянии «паралича анализа» (*analysis paralysis*). Он не «забывает» движение, как при отвлечении внимания, и не «углубляется» в него, как при избыточной фокусировке. Он не может его начать. Движение становится «деревянным», зажатым, лишенным плавности и ритма. Временная структура навыка разрушается, так как сознание пытается вручную собрать движение из отдельных команд, но делает это медленно и нескоординированно [220].

Возникновение психического стресса у спортсменов в моменты ответственных соревнований не является жёстким врождённым процессом и нетренируемой характеристикой. Под влиянием соревновательного опыта уровень соревновательной тревожности, как правило, снижается, обеспечивая постепенную адаптацию психического стресса на внешнее воздействие у спортсменов. Так, в исследовании Armada Martínez и соавторов [43] у эстетических гимнасток с большим соревновательным опытом отмечался и низкий уровень соревновательной тревожности, определенный по психометрическому опроснику спортивной тревожности (SAS-2). Хотя прямых корреляций уровня тревожности с итоговым соревновательным результатом в данном исследовании не рассчитывали, стоит отметить, что у спортсменок с меньшей тревожностью, а значит и психическим стрессом, также выявлены

высокая групповая сплоченность, высокий уровень оптимизма и ориентация на решение двигательной задачи, которые являются косвенными маркерами успешности.

Обобщая сказанное выше, стоит отметить, что стресс представляет собой взаимосвязанную каскадную систему реакций, которая обеспечивает срочную адаптацию организма к интенсивным нагрузкам и необходимый уровень психофизической работоспособности. Однако, связь двигательного контроля с психическими характеристиками стресса имеет отрицательную составляющую, указывая на снижение автоматизма навыка, ведущее к его нарушению и двигательным ошибкам.

1.4.2 Постуральная устойчивость во время психофизических стрессовых состояний

Регуляция позы, как любой другой координационный навык, вероятно также может модулироваться психическим возбуждением (или стрессом). Однако работ, изучающих данные эффекты на постуральный контроль у спортсменов, не много.

В исследовании Крупновой А.Б. [17] были исследованы стабильнографические особенности асимметрии вертикальной позы у испытуемых с различным уровнем психоэмоционального напряжения. Автор выявила, что у лиц с высоким индексом напряжения Р. Баевского, определенного по вариабельности ритма сердца, увеличивалась степень асимметрии баланса вертикальной позы в сторону генетически обусловленной асимметрии, то есть для левшей наблюдалось смещение ОЦД влево, а для правшей – вправо. Хотя авторы не указывают на изменения постуральной устойчивости, а только на баланс положения ОЦД, но в работе указываются принципиально возможные эффекты хронического влияния психического напряжения на механизмы регуляции позы [17].

Связь психоэмоционального напряжения (возбуждения) с регуляцией позы была подтверждена работами, в которых анализировалась устойчивость вертикальной позы во время угрозы падения, вызывающей эмоцию страха падения, в частности при размещении испытуемых на возвышенности [32]. Согласно проведенному обзору, при ощущении страха падения у здоровых людей наблюдается: во-первых, отклонение вертикальной позы назад от края платформы, что является защитной стратегией, направленной на увеличение запаса устойчивости и предупреждение падения [75]; во-вторых, значительно увеличивается частота колебаний центра давления, что указывает на повышение жесткости нижних конечностей (голеностопного сустава), направленное на увеличение скорости необходимых постуральных коррекций [71]; в-третьих, снижается амплитуда колебаний ОЦД (среднеквадратичное отклонение колебаний ОЦД), указывая на рост стабильности позы, чтобы минимизировать риск потери равновесия [217, 223]. В целом, авторы делают вывод о повышении устойчивости позы за счёт увеличения жесткости голеностопа, что ограничивает движения центра масс тела и обеспечивает большую стабилизацию тела и физическую безопасность в условиях страха падения.

Для объяснения выявленных постуральных настроек предлагаются два механизма. Первый обусловлен влиянием эмоции страха на сенсорные и двигательные системы, а второй механизм связан с распределением внимания в пользу сознательного контроля позы. Действительно, существуют нейроанатомические связи между сетями обработки эмоций и сенсомоторными системами. Исследования на людях показали, что угроза высоты вызывает повышение чувствительности мышечных веретен (активация проприоцепции) [113], увеличение чувствительности вестибулярных рефлексов [114, 162], а также изменяет (снижает) осознанную чувствительность к проприоцептивным и тактильным сигналам, существенным для сохранения баланса [70]. В частности, в условиях подъема на высоту 160 см мозг снижал чувствительность к проприоцептивным сигналам от рецепторов мышц и

суставов, чтобы избежать информационной перегрузки, но при этом мог «усиливать» сигналы макроамплитудных движений стопы, когда движение уже началось [70]. Такое повышение порога сознательного восприятия движения направлено на снижение амплитуды постуральных коррекций, для минимизации рисков падений. Анализ влияния эмоционального фактора на постуральный контроль изучается с помощью многократных повторений постуральных тестов «на высоте», что ведёт к снижению эмоции страха падения. Действительно, многократное тестирование на высоте приводило к снижению только мощности высокочастотных колебаний центра давления стопы ($>1,8$ Гц) и сопутствующему уменьшению сокращений икроножных мышц, что указывало на небольшое влияние эмоционального состояния на регуляцию постуральных мышц и позы [222].

Вторая группа механизмов связана с переключением внимания на постуральный контроль. В условиях угрозы падения у людей возрастает тенденция к сознательному контролю своих движений, сенсорной информации и эмоций [224]. Изменение фокуса внимания коррелировало с изменением параметров позы: например, усиление внимания на состоянии равновесия тела было связано с увеличением частоты колебаний ЦД [32] и наклоном тела от края опоры [116].

Постуральные реакции изменяются в зависимости от степени эмоциональной реакции на угрозу потери равновесия. В частности, люди, испытывающие сильный страх высоты, сохраняют более напряжённую позу (снижается площадь колебаний ОЦД и увеличивается скорость и частота колебаний), сильнее напрягают постуральные мышцы, хуже адаптируются к изменениям доступности сенсорной информации и, вероятно, более чувствительны к сенсорным конфликтам. Повышенное эмоциональное напряжение у пожилых людей мешает им компенсировать нарушение равновесия [36].

Подробное представление нейрофизиологических механизмов, лежащих в основе влияния эмоциональных состояний, в том числе стрессовых, на

регуляцию вертикальной позы было рассмотрено в работе [106]. Авторы предполагают, что это влияние реализуется через ретикулярную формацию, которая выступает в роли интегративного центра, связывающего эмоциогенные зоны мозга с центрами вегетативной (автономной) и соматической (двигательной) нервной системы. Авторы подчеркивают, что постуральный (двигательный) и вегетативный контроль взаимосвязаны на уровне ретикулярной формации и в значительной мере модулируются центрами эмоций, то есть устойчивость вертикальной позы связана с психоэмоциональным состоянием человека [106].

Хотя страх падения вызывает стабилизацию позы, что выражается как уменьшение амплитуды при увеличении частоты колебаний ОЦД, однако высокий уровень тревожности, как характеристика личности, сочетается с менее устойчивой позой только при лишении зрительной информации (с закрытыми глазами), указывая на зависимость тревожных лиц от зрительной информации. Создание условий стресса (решение буквенно-цветового теста Струппа с видеозаписью) вело к ухудшению устойчивости позы в обеих группах (низкотревожных и среднетревожных). Однако механизмы были разные: у среднетревожных проблема была связана с зависимостью от зрения, увеличение колебаний было небольшое, так как оно уже нарушено, но у низкотревожных стресс нарушал способность использовать «их сильные стороны регуляции позы», связанные с эффективным использованием проприоцепции и вестибулярной информации. В итоге стресс сильно повышал скорость колебаний позы именно у низкотревожных [105]. Кроме того, исследование, проведенное Сосо М. и соавторами [73], также показало связь ощущения стресса с устойчивостью позы, при этом ухудшающее устойчивость позы влияние стресса усиливалось при отсутствии визуальной информации (Сосо М, et al. [73]). Эти исследования показывают взаимосвязь между эмоциональным состоянием и контролем позы, которая может усиливаться в более сложных сенсорных условиях, например, при удалении зрительной информации. Предполагают, что в условиях психоэмоционального стресса

регуляция позы изменяется за счёт влияний высокой симпатической нервной активности, которая, вероятно, снижает обработку сенсорной информации и усиливает сенсомоторные реакции, что выливается в более значительные колебания центра давления.

В течение спортивной подготовки уровень эмоционального напряжения может существенно меняться. Так, Dobson J. и др. [81] в своем исследовании анализировали психическое состояние и сердечно-сосудистые изменения студенток-пловчих в течение соревновательного сезона. В ходе работы было установлено, что показатели общего стресса и эмоционального истощения увеличивались в течение всего соревновательного сезона ($p < 0,05$). При этом логарифм среднеквадратичного значения последовательных интервалов RR покоя уменьшился ($\ln RMSSD$) ($p < 0,01$), а ЧСС увеличилась ($p < 0,05$) особенно в период максимальных тренировочных нагрузок, но значения этих показателей возвращались к нормальному уровню в восстановительный период. Данные результаты подтверждают тот факт, что усиленные тренировочные нагрузки спортсменок нарушали стимуляцию блуждающего нерва, а показатель его активности - $\ln RMSSD$ - был особенно чувствительным к изменениям уровня тренировочных нагрузок [81].

В целом, можно отметить, что эмоциональное состояние спортсмена в период соревновательных циклов может оказывать прямое и опосредованное влияние на постуральную регуляцию, однако данные эффекты и механизмы полностью не изучены, что требует дополнительных исследований.

Проведённый анализ литературы позволяет утверждать, что регуляция вертикальной позы является сложным сенсомоторным процессом, имеющим ключевое значение для соревновательных результатов в эстетической и художественной гимнастике. Способность сохранять статическое и динамическое равновесие во многом определяет итоговую оценку выступления. Вместе с тем, несмотря на признание высокой значимости постурального баланса, ряд важных аспектов остаётся недостаточно изученным, особенно в эстетической гимнастике как относительно молодом виде спорта. Во-первых,

большее число работ выполнено на спортсменках художественной или спортивной гимнастики, а также на танцовщицах балета. Исследований, посвящённых балансу позы у эстетических гимнасток, немного, а их результаты зачастую экстраполируются из смежных дисциплин без учёта специфики тренировочного процесса. Во-вторых, существующие данные о постуральной устойчивости гимнасток носят преимущественно срезовой одномоментный характер. Подавляющее большинство авторов сравнивают гимнасток разного возраста, стажа или квалификации между собой либо с нетренированными сверстницами при однократном обследовании. Практически отсутствуют лонгитюдные наблюдения за динамикой постуральной устойчивости в течение соревновательного сезона, когда на организм спортсменки воздействует комплекс факторов: изменение объёма и интенсивности нагрузок, соревновательное напряжение, возможные колебания антропометрических показателей и уровня психофизиологического стресса. В-третьих, в литературе показано, что на устойчивость позы влияют антропометрические характеристики, а также психофизиологический стресс (тревожность и эмоциональное напряжение). Однако работы, в которых эти факторы изучались бы совместно в динамике сезона, практически отсутствуют. В частности, совсем не изучено, как нарастание психофизиологического стресса влияет на устойчивость вертикальной позы. В-четвёртых, остаётся открытым вопрос о роли сенсомоторных характеристик стоп, а именно вклада подвижности в голеностопном суставе и тактильной чувствительности подошвы в устойчивость позы на разных опорах у гимнасток. Известно, что в эстетической гимнастике большинство упражнений выполняется без обуви, на мягком ковре, а многие технические элементы в стойках на носках. Это могло бы способствовать развитию тактильной чувствительности, но одновременно может вести к микротравмам и гипермобильности. В ряде работ у спортсменов других специализаций показаны отрицательные корреляции между подвижностью голеностопа и статической устойчивостью позы, однако у эстетических гимнасток подобные исследования не проводились. Более того,

взаимосвязь тактильной чувствительности подошвы с постуральным контролем в этом виде спорта до сих пор не изучалась.

Для выяснения выявленных неизученных аспектов требуется комплексный подход, включающий: а) продольное наблюдение за эстетическими гимнастками в течение соревновательного сезона; б) одновременную оценку постуральной устойчивости, антропометрических показателей и уровня психофизиологического стресса; в) анализ связей устойчивости с подвижностью стоп и тактильной чувствительностью подошвы.

Глава 2 Методы и организация исследования

2.1 Организация исследования и обследуемые

Поставленные задачи исследования решались в два этапа на базе лаборатории кафедры физиологии Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский университет спорта «ГЦОЛИФК». Первый этап был посвящен решению 1-3 задачам, второй этап – 4 задаче.

Обследуемые спортсменки 1 этапа исследования. С целью изучения динамики антропометрических, поструральных и стрессовых показателей в течение годичного соревновательного сезона (Задачи № 1-3) в исследовании на добровольной основе приняли участие 38 девушек в возрастном диапазоне от 18 до 23 лет. На основании поставленных задач выборка была разделена следующим образом. Эстетические гимнастки, которые занимались в ведущих спортивных клубах г. Москвы («Мадонна», «Аймонт»), составили 2 группы: Мастера спорта («МС», $n=12$, возраст: $19,5 \pm 1,3$ лет, спортивный стаж: 13 ± 3 года); Кандидаты в мастера спорта, («КМС», $n=12$, возраст: $19,6 \pm 1,2$ лет, спортивный стаж: 14 ± 2 года). В третью группу «Контроль» (далее «ГК») вошли девушки-студентки, не занимающиеся активно спортом минимум последние 3 года ($n=14$, возраст: $20,6 \pm 1,8$ лет). Все исследуемые девушки были биологически зрелыми, а для подтверждения завершения ростовых процессов нами были исследованы костные размеры тела трижды в течение года. Все испытуемые дали добровольное информированное согласие на участие в исследовании.

Обследование проводилось трижды: в конце подготовительного этапа, октябрь 2023 года (после Чемпионата России), в середине соревновательного этапа, конец января 2024 года (перед Кубком России) и в конце соревновательного этапа, апрель 2024 года (перед Кубком Мира) (Таблица 3).

Всего за сезон спортсменки выступали более чем в 8 турнирах разного уровня (Рис. 1).

Таблица 3 – Время обследования гимнасток в течение соревновательного сезона

	Время обследования сезон 2023-2024		
Месяц	Октябрь	Февраль	Апрель
Этап сезона	Подготовительный (конец)	Соревновательный (середина)	Соревновательный (конец)
Соревнование	После Чемпионата России	Перед Кубком России	Перед Кубком Мира (Будапешт)
День месячного цикла	МС: 8 ± 6 КМС: 7 ± 5 Конт: 8 ± 4	МС: 8 ± 7 КМС: 7 ± 3 Конт: 11 ± 8	МС: 8 ± 6 КМС: 9 ± 8 Конт: 12 ± 6

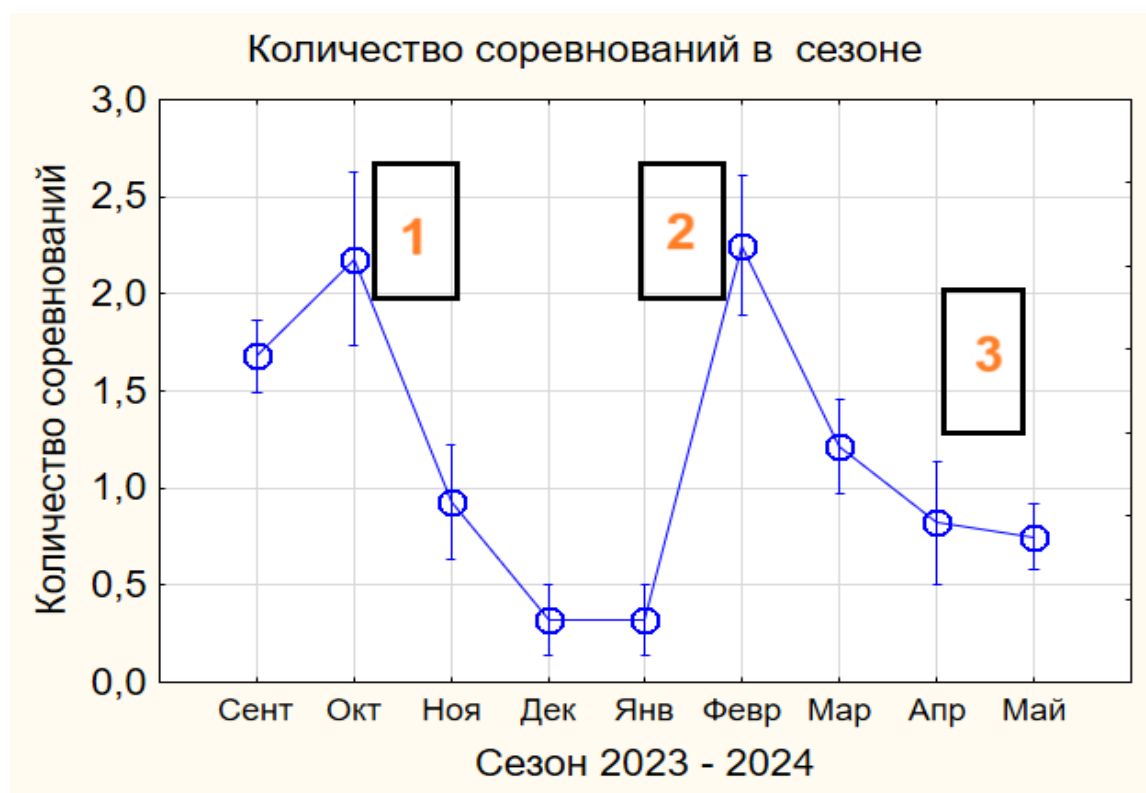


Рисунок 1 – Участие в соревнованиях спортсменок. По оси ординат количество соревнований, в которых участвовала каждая спортсменка

2.2 Характеристика общей физической подготовленности эстетических гимнасток в течение соревновательного сезона

Для оценки общей физической подготовленности групп эстетических гимнасток нами оценивались показатели общей физической работоспособности (по тесту PWC170), скорость восстановления ЧСС после теста PWC170 за 30-120 сек и показатели кистевой динамометрии (методы оценки описаны ниже). Выбор этих показателей обусловлен тем, что уровень аэробной производительности и эффективность восстановительных процессов являются интегральными критериями тренированности и косвенно отражают явления перенапряжения и перетренировки [55, 209], что особенно важно в контексте оценки психофизиологического напряжения.

Анализ общей работоспособности показал (Таблица 4), что по абсолютным и относительным показателям PWC170 значимых различий между исследованными группами на всех этапах сезона не выявлено. Кроме того, не выявлено изменений индексов PWC170 в течение соревновательного сезона. Однако скорости восстановления ЧСС за 90 сек ($\Delta\text{ЧСС}_{90}$) в октябре ($p < 0,05$), январе ($p < 0,01$) и апреле ($p < 0,05$), а также за 120 сек ($\Delta\text{ЧСС}_{120}$) в январе ($p < 0,01$) и апреле ($p < 0,01$) у МС были выше, чем у девушек ГК. У гимнасток КМС также отмечались признаки более быстрого восстановления ЧСС: в январе - за 90 сек ($p < 0,05$ vs ГК) и в апреле - за 60 сек ($p < 0,05$ vs ГК) и 120 сек ($p < 0,05$ vs ГК) восстановления.

Показатели кистевой динамометрии различались между группами только по максимальной силе. Максимальная сила сжатия правой кисти у спортсменок МС на всех этапах исследования была ниже, чем в ГК (ANOVA: $p = 0,025$ в октябре; $p = 0,035$ в январе; $p = 0,039$ в апреле (Таблица 5). Кроме того, максимальная сила сжатия правой кисти была ниже в октябре, а также левой кисти в октябре ($p < 0,05$) и январе ($p < 0,05$) в группе КМС vs ГК (Таблица 5). Однако относительная сила сжатия левой и правой кисти у гимнасток обеих групп не отличалась от ГК, указывая на эффект массы тела.

Таблица 4 – Показатели общей физической работоспособности в тесте PWC170 у эстетических гимнасток высокой квалификации в течение соревновательного сезона

Показатели	МС (n=12)	КМС (n=12)	ГК (n=14)	ANOVA
	М±Стд. Отк.	М±Стд. Отк.	М±Стд. Отк.	p
PWC170, Вт				
октябрь 2023 г	133±20,2	144±18,5	142±21,6	0,374
январь 2024 г	131±16,3	145±20,1	139±19,6	0,215
апрель 2024 г	136±19,4	149±20,3	144±25,8	0,305
PWC170, Вт/кг				
октябрь 2023 г	2,5±0,4	2,6±0,3	2,3±0,4	0,297
январь 2024 г	2,4±0,4	2,6±0,3	2,3±0,4	0,245
апрель 2024 г	2,5±0,4	2,6±0,3	2,4±0,5	0,382
ΔЧСС30, уд/мин				
октябрь 2023 г	24,8±10,0	24,0±15,7	19,8±7,5	0,509
январь 2024 г	23,8±7,8	22,7±6,1	20,4±8,2	0,220
апрель 2024 г	26,8±11,2	29,1±14,9	22,3±11,2	0,392
ΔЧСС60, уд/мин				
октябрь 2023 г	39,5±10,8	38,3±14,4	34,3±7,1	0,472
январь 2024 г	42,7±9,1 *	37,9±8,4	33,9±9,8	0,028
апрель 2024 г	43,5±9,0	46,4±19,4 * я	37,0±14,9	0,281
ΔЧСС90, уд/мин				
октябрь 2023 г	51,9±9,6 *	50,5±18,0	43,8±9,1	0,240
январь 2024 г	57,8±7,9 ** ^	49,8±8,1 *	42,4±8,5	0,000
апрель 2024 г	59,6±14,6 *	58,2±21,4 я	44,4±12,4	0,046
ΔЧСС120, уд/мин				
октябрь 2023 г	61,1±10,7	60,3±20,3	54,9±10,7	0,503
январь 2024 г	69,7±13,6 ** о	62,8±12,5	53,8±10,5	0,009
апрель 2024 г	69,8±15,1 ** о	67,8±20,9 *	52,3±12,6	0,020
ЧССтах в тесте PWC170, уд/мин				
октябрь 2023 г	174,2±3,4	174,8±4,9	174,5±2,8	0,923
январь 2024 г	173,9±4,5	172,8±4,5	175,5±2,1	0,258
апрель 2024 г	172,5±2,3	174,7±3,4	172,9±4,9	0,321

П р и м е ч а н и я:

- 1) */** - $p < 0,05/0,01$ vs группой «Контроль»;
- 2) о - $p < 0,05$ vs Октябрь;
- 3) я - $p < 0,05$ vs Январь;
- 4) ^ - $p < 0,05$ vs КМС.

Таким образом, эстетические гимнастки не отличались от студенток ГК по показателям аэробной физической работоспособности, индексу PWC170 и относительной силе кистевого сжатия, однако скорость восстановления ЧСС за 90-120 сек после теста PWC170 была систематически выше в середине и конце соревновательного сезона. Более быстрое снижение ЧСС на второй минуте восстановления может свидетельствовать о более эффективной постнагрузочной перестройке кардиовегетативной регуляции, включающей восстановление парасимпатического влияния на сердце и снижение симпатической активации [177], а также, вероятно, более быстрое восстановление метаболического и гемодинамического гомеостаза [196]. Быстрая фаза восстановления ЧСС (первые 30 сек) преимущественно связана с парасимпатической реактивацией, тогда как последующая, более медленная фаза определяется также снижением симпатической активности и уменьшением метаболических и других стимулов, поддерживающих повышенную ЧСС [14, 177, 196]. Эти данные указывают на более эффективное срочное восстановление после околорексимальной нагрузки у гимнасток и как один из признаков их более высокой функциональной подготовленности по сравнению с девушками из ГК [56, 196].

Отсутствие негативных явлений в виде снижения PWC170 или замедления срочного восстановления ЧСС в годичном цикле позволяет предположить об отсутствии признаков ухудшения функционального состояния по данным показателям без явлений перенапряжения или перетренировки [53]. Однако эти позитивные явления не позволяют исключить текущее или более длительного психофизиологического напряжение, поскольку их диагностика требует комплексной оценки специфических психофизиологических показателей стресса. С другой стороны, отсутствие позитивных отличий по индексу PWC170 и меньшие значения максимальной кистевой динамометрии, указывает на относительно высокую общую физическую подготовленность как у гимнасток, так и студенток ГК.

Таблица 5 – Показатели кистевой динамометрии у эстетических гимнасток высокой квалификации

Показатели	МС (n=12)	КМС (n=12)	ГК (n=14)	ANOVA
	М±Стд. Отк.	М±Стд. Отк.	М±Стд. Отк.	p
Максимальная сила сжатия правой кисти (даН)				
октябрь 2023 г	19,2±4,1 *	19,0±2,6 *	24,2±7,4	0,025
январь 2024 г	19,4±3,5 *	19,7±3,1	23,7±5,9	0,035
апрель 2024 г	19,2±2,9 *	19,4±2,1	22,9±5,8 о	0,039
Максимальная сила сжатия левой кисти (даН)				
октябрь 2023 г	16,0±3,8 *	15,7±2,8 *	20,1±5,8	0,026
январь 2024 г	16,5±2,7 *	16,5±2,7*	20,2±4,6	0,031
апрель 2024 г	16,4±2,8	15,8±3,9	18,7±4,1	0,118
Относительная сила сжатия правой кисти (даН/кг)				
октябрь 2023 г	0,36±0,08	0,34±0,07	0,39±0,10	0,369
январь 2024 г	0,36±0,08	0,35±0,07	0,39±0,10	0,517
апрель 2024 г	0,35±0,05	0,34±0,05	0,37±0,10	0,489
Относительная сила сжатия левой кисти (даН/кг)				
октябрь 2023 г	0,30±0,07	0,28±0,06	0,33±0,09	0,327
январь 2024 г	0,31±0,06	0,31±0,06	0,33±0,08	0,551
апрель 2024 г	0,30±0,06	0,27±0,05	0,30±0,07 я	0,431

Примечания:

- 1) * - $p < 0,05$ vs группой «Контроль»;
- 2) о - $p < 0,05$ vs Октябрь;
- 3) я - $p < 0,05$ vs Январь.

Протокол обследования испытуемых

- 1) Опрос и оформление бланков измерения (Приложение 1);
- 2) Прохождение опросника стресса и восстановления RESTQ–SPORT;
- 3) Измерение антропометрических показателей стандартизированным способом;
- 4) Определение физиологического стресса по показателям variability ритма сердца с помощью АПК «Кардиовизор-6С» с использованием ЭК6Ц-02-КАРДи2/4 и тонометра «Omron E3 Expert»;
- 5) Определение показателей поструральной устойчивости с помощью стабилотрии на АПК «Стабилан-01-2» с программным обеспечением StabMed2 (ОКБ «Ритм», г. Таганрог);

б) Определение показателей общей физической работоспособности на велоэргометре «Kettler ergometer EX 3» с использованием пульсометра «PolarRS800».

2.3 Методы исследования

2.3.1 Оценка психофизического стресса по опроснику RESTQ–SPORT

Уровень психофизического стресса определяли по субъективным индексам общего и спортивного стресса с помощью компьютеризированного тест-опросника RESTQ–SPORT [13, 128].

Описание тест-опросника RESTQ–SPORT-77. Опросник состоит из 77 вопросов (Приложение 2) и подразделяется на 19 шкал, которые объединяются в 4 более крупные категории (Таблица 6):

1. Категория “Общий стресс” рассчитывается как среднее арифметическое всех 7 шкал: общий стресс, эмоциональный стресс, социальный стресс, конфликты / давление, общая усталость, нехватка энергии, соматические жалобы.

2. Категория “Спортивный стресс” рассчитывается как среднее арифметическое 3-х шкал: качество перерывов, эмоциональное выгорание, подверженность травме.

3. Категория “Общее восстановление” рассчитывается как среднее арифметическое 4-х шкал: успех, социальное восстановление, общее самочувствие, качество сна.

4. Категория “Спортивное восстановление” рассчитывается как среднее арифметическое 5 шкал: физическое восстановление, спортивная форма, личные достижения, само–эффективность, саморегуляция.

Расчёт результатов: Обработка результатов тестирования проводилась в соответствии со структурой опросника. Исходные 77 пунктов были объединены в 19 субшкал. Значение по каждой субшкале определялось путем суммирования баллов по 4 утверждениям, входящим в нее. По результатам тестирования

испытуемый получал численное значение от 0 до 7 по каждой из 19 субкатегорий и среднее значение по 4 категориям:

1. Общий стресс
2. Общее восстановление
3. Спортивный стресс
4. Спортивное восстановление

Таблица 6 – Категории и подкатегории тест-опросника RESTQ–SPORT

19 подкатегорий	4 категории
1. Общий стресс	1. Общий стресс
2. Эмоциональный стресс	1. Общий стресс
3. Социальный стресс	1. Общий стресс
4. Конфликты/ Давление	1. Общий стресс
5. Общая усталость	1. Общий стресс
6. Недостаток Энергии	1. Общий стресс
7. Физические жалобы	1. Общий стресс
8. Успех	3. Общее восстановление
9. Социальное восстановление	3. Общее восстановление
10. Физическое восстановление	4. Спортивное восстановление
11. Общее Благополучие	3. Общее восстановление
12. Сон	3. Общее восстановление
13. Качество перерывов	2. Спортивный стресс
14. Эмоциональное выгорание	2. Спортивный стресс
15. Подверженность травме	2. Спортивный стресс
16. Спортивная форма	4. Спортивное восстановление
17. Личные достижения	4. Спортивное восстановление
18. Самоэффективность	4. Спортивное восстановление
19. Саморегуляция	4. Спортивное восстановление

Процедура проведения теста RESTQ–SPORT. Испытуемый выбирал ответ на каждый вопрос по 7-ступенчатой дискретной шкале (1 – никогда, 2 – редко, 3 – иногда, 4 – довольно часто, 5 – часто, 6 – очень часто, 7 – всегда) (Приложение 2). В соответствии с инструкцией вначале определялось состояние испытуемого, а именно находится он ДО или ПОСЛЕ нагрузки. Ответ на каждый вопрос был связан с персональным состоянием в течение последних 3 дней/ночей. В утверждениях, касающихся результатов и нагрузки, подразумеваются как соревнования, так и тренировки. Респондент должен был выбрать лишь один ответ, максимально подходящий именно ему в данный момент времени.

2.3.2 Измерение антропометрических показателей

Измерение **антропометрических** показателей было выполнено по традиционной антропометрической методике, принятой в Научно-исследовательском институте и Музее антропологии МГУ им. М.В. Ломоносова [3, 22].

Для реализации данного метода использовался следующий инструментарий (Приложение 4):

1. металлический штанговый антропометр Martina (GPM, Швеция);
2. большой и малый толстотные циркули (GPM, Швеция);
3. скользящий циркуль (GPM, Швеция);
4. миллиметровая лента длиной до 1,5-2 м;
5. весы напольные электронные с точностью измерения до 0,05 кг;
6. калипер GPM (DKSH, Швейцария);

Использование данных инструментальных средств позволило получить следующие антропометрические показатели:

1. **Тотальные размеры тела.**

Масса тела (МТ) измеряется с помощью напольных весов.

- Длина тела (верхушечная точка обследуемого) (Приложение 5 Рис. А) измеряется антропометром Martina (GPM, Швеция).

- Обхват грудной клетки. Измерение обхвата грудной клетки выполнялось горизонтально. Сантиметровая лента располагалась на передней части грудной клетки на уровне начала грудных желез и под нижними углами лопаток сзади [22];

2. Продольные размеры тела. Продольные размеры тела являются проекционными расстояниями от антропометрических точек с ориентиром в сагиттальной (Вертикальной) плоскости. С помощью антропометра Martina определялась высота отдельно взятых антропометрических точек над поверхностью пола или любой другой опорной поверхностью, на которой стоит измеряемый, с поочередным вычитанием одного размера из другого для определения длины соответствующего сегмента тела [22]. Рассчитывались следующие показатели:

- Длина туловища – разница между высотами над уровнем пола верхнегрудинной и лобковой точек;

- Длина верхних конечностей – разница между высотами над уровнем пола плечевой точки и пальцевой точки (проекционное расстояние между акромиальной и пальцевой точками);

- Длина плеча – также рассчитывается посредством вычитания высоты над уровнем пола плечевой точки и лучевой точки (проекционное расстояние между акромиальной и лучевой точками);

- Длина корпуса – разница между длиной нижней конечности и общей длиной тела;

- Длина предплечья – разница между высотами над полом лучевой и шиловидной точек (проекционное расстояние между лучевой и шиловидной точками);

- Длина кисти – разница между высотами над уровнем пола шиловидной и пальцевой точек (проекционное расстояние между шиловидной и пальцевой точками);
- Длина нижней конечности – сумма высоты над полом передней верхней подвздошно-остистой точки и высоты над уровнем пола лобковой точки, деленная на два;
- Длина бедра – разница высоты над полом верхнеберцовой точки от длины нижней конечности;
- Длина голени – разница высоты от уровня пола нижеберцовой точки от высоты над полом верхнеберцовой точки;

3. **Обхватные размеры тела** определялись с помощью сантиметровой ленты [22]. Производились следующие измерения:

- Обхват грудной клетки. Измерение обхвата грудной клетки выполнялось горизонтально. Сантиметровая лента располагалась на передней части грудной клетки на уровне начала грудных желез и под нижними углами лопаток сзади.
- Обхват грудной клетки при максимальном вдохе. Испытуемый выполнял максимальный вдох и задерживал дыхание (сантиметровая лента располагалась горизонтально на месте измерения обхвата грудной клетки).
- Обхват грудной клетки при максимальном выдохе. Испытуемый после вдоха выполнял максимальный выдох и задерживал дыхание (сантиметровая лента располагалась горизонтально на месте измерения обхвата грудной клетки).
- Экскурсия грудной клетки рассчитывается как разность между обхватом грудной клетки при максимальном вдохе и выдохе.
- Обхват плеча в спокойном состоянии измерялся в месте наибольшего развития двуглавой мышцы плеча в горизонтальной плоскости при этом рука была свободно опущена;

- Обхват плеча в напряжённом состоянии измерялся в месте наибольшего развития двуглавой мышцы плеча. Рука испытуемого отведена вперёд и с максимальным напряжением сгибается со сжатым кулаком;
- Экскурсия плеча рассчитывается как разность между обхватом плеча в спокойном и в напряжённом состоянии;
- Обхват предплечья измерялся в месте наибольшего развития мышц предплечья в горизонтальной плоскости также с условием, что рука свободно опущена (Приложение 5 Рис. Г);
- Обхват талии измерялся на 2-4 см выше подвздошного гребня с ориентиром на пупок;
- Обхват бедра измерялся в горизонтальной плоскости на правом бедре, при этом верхний край сантиметровой ленты касался подъягодичной складки;
- Обхват бёдер. Измерения производились по самой выступающей части ягодичных мышц в горизонтальной плоскости;
- Обхват голени измерялся в горизонтальной плоскости в месте наибольшего, выступающего и развитого места трёхглавой мышцы голени.

4. **Толщина кожно-жировых складок (КЖС).** Измерения производились с использованием калипера GPM (DKSH, Швейцария), давление ножек которого не превышало 8-10 г/мм² кожи. Площадь захватываемой поверхности кожи при измерении составляла не менее 20-40 мм².

В исследовании определялась толщина 8 продольных кожно-жировых складок [22]:

- 1) Под нижним углом лопатки – в области спины (КЖС на спине);
- 2) На передней поверхности плеча – над двуглавой мышцей (равноудаленно от локтевого сустава и плечевого сустава, примерно середина плеча) (КЖС на плече спереди);
- 3) На задней поверхности плеча – в районе трицепса плеча (равноудаленно от локтевого сустава и плечевого сустава) (КЖС на плече

сзади);

4) На предплечье – складка измеряется на передневнутренней поверхности в наиболее широком его месте (складка берётся при согнутом локте) (КЖС на предплечье) (Приложение 5 Рис. Д);

5) На талии в области живота – складка измеряется на передней стенке живота справа от пупка на примерном расстоянии в 5 см, вертикально (КЖС на животе);

6) В области подвздошного гребня - складка измеряется над ним, в горизонтальной плоскости, в проекции подвздошно-остистой точки.

7) На внешней поверхности бедра – складка измеряется в верхней трети бедренной кости на медиальной стороне (КЖС на бедре);

8) На задней поверхности голени в области наружной головки икроножной мышцы (КЖС на голени);

5. Поперечные (в сагиттальной и фронтальной плоскостях) размеры тела: диаметры плеч, таза, диаметры груди в поперечном и продольном направлении определялись с помощью большого толстого циркуля как расстояние между антропометрическими точками во фронтальной или сагиттальной плоскости. В исследовании производились следующие замеры:

- Тазогребневый диаметр – расстояние между правой и левой подвздошно-гребневыми точками, как показатель ширины таза;
- Акромиальный диаметр – расстояние между левой и правой акромиальными точками, для определения ширины плеч (ШП) (Приложение 5 Рис. Б);
- Передне-задний диаметр грудной клетки (ПЗДГК) – расстояние между остистым отростком позвонка и нижнегрудинной точкой, позвонок для измерения должен находиться в этой же горизонтальной плоскости, что и нижнегрудинная точка;
- Поперечный диаметр грудной клетки (ПДГК) – расстояние между наиболее выступающими точками боковых частей рёбер;

- Поперечный диаметр нижней части плеча – наибольшее расстояние между наружным и внутренним надмыщелками плечевой кости (Приложение 5 Рис. В);

- Поперечный диаметр нижней части предплечья – наибольшее расстояние между шиловидными отростками лучевой и локтевой костей;

- Поперечный диаметр нижней части бедра - наибольшее расстояние между наружными и внутренними надмыщелками бедренной кости;

- Поперечный диаметр нижней части голени является наибольшее расстояние между лодыжками малоберцовой и большеберцовой костей [22].

С использованием представленного перечня антропометрических данных проводился расчёт следующих интегральных показателей соматотипа и компонентного состава тела:

- Индекс массы тела (ИМТ), кг/м². Используется для определения степени ожирения и оценки возможных рисков развития заболеваний, сопряженных с избыточной массой тела. Расчёт проводится при помощи следующей формулы [22]:

$$\text{ИМТ} = \frac{W}{H^2}$$

Где W – масса тела (кг), а H – длина тела (м).

- Площадь поверхности тела рассчитывали по формуле Дюбуа: $S = 0,007184 * \text{масса тела (кг)}^{0,725} * \text{длина тела (см)}^{0,725}$.

Определение компонентного состава тела проводилось по формулам Й. Матейки (1921)

1. Жировой компонент рассчитан по формуле: $D = d * S * k$, где D – общее количество жира, кг; d – средняя величина кожно-жировых складок (для девушек 7 жировых складок); S – площадь поверхности тела; k= константа, равная 0,13.

2. Мышечный компонент рассчитан по формуле: $M = L \cdot r^2 \cdot k$, где M – мышечная масса, кг; L – длина тела, см; r^2 – средний обхват плеча, предплечья, бедра, голени / 2π – (средняя жировая складка на плече, предплечье, бедре, голени, см) / 2; k – константа, равная 6,5.

3. Костный компонент рассчитан по формуле: $O = L \cdot o^2 \cdot k$, где O – абсолютная костная масса, кг; L – длина тела, см; o^2 – квадрат средней величины диаметров дистальных эпифизов плеча, предплечья, бедра и голени, см; k – константа, равная 1,2.

Методика соматотипирования по схеме Хит-Картера

Соматотипирование спортсменов выполнялось с использованием схемы Хит—Картер [22, 66, 107]. Индексы эндоморфии, мезоморфии и эктоморфии рассчитывались по следующим формулам:

1) Индекс эндоморфии = $-0,7182 + 0,1451 \times X - 0,00068 \times X^2 + 0,0000014 \times X^3$, где X = (жировая складка на трицепсе, мм + жировая складка под лопаткой, мм + жировая складка на животе, мм) $\times$ (170,18 / длина тела, см);

2) Индекс мезоморфии = $0,858 \times \text{ширина локтя} + 0,601 \times \text{ширина колена} + 0,188 \times \text{обхват плеча с поправкой} + 0,161 \times \text{обхват голени с поправкой} - 0,131 \times \text{длина тела, см} + 4,50$, где обхват плеча с поправкой — это разность обхвата (напряжённого) плеча и толщины кожно-жировой складки на трицепсе (см), а обхват голени с поправкой — разность обхвата голени и толщины кожно-жировой складки на голени (см);

3) Индекс эктоморфии рассчитывается на основе росто-весового отношения (РВО):

$$\text{РВО} = \text{длина тела (см)} / \sqrt[3]{\text{масса тела, кг}}.$$

– если $\text{РВО} \geq 40,75$, то индекс эктоморфии = $0,732 \times \text{РВО} - 28,58$;

– если $38,25 < \text{РВО} < 40,75$, то индекс эктоморфии = $0,463 \times \text{РВО} - 17,63$;

– если $\text{РВО} \leq 38,25$, то индекс эктоморфии = 0,1.

2.3.3 Определение физиологического стресса по показателям вариабельности ритма сердца (BCP)

Показатели BCP определяли в положении лежа. В ходе измерения использовалось оборудование «Кардиовизор», ТУ 9442–013–17635079–2007, регистрационное удостоверение № ФСР 2007/00155 (ООО «Медицинские компьютерные системы» АПК «Кардиовизор-6С»); автоматический тонометр «Omron E3 Expert».

Процедура тестирования. Испытуемый занимал горизонтальное положение на кушетке и пребывал в состоянии покоя до начала измерений в течение 10 минут. Далее с помощью тонометра фиксировалось артериальное давление, затем регистрировали ЭКГ в течение 3 минут с помощью «Кардиовизор», далее фиксировалось второе давление в положении лежа. Систолическое (САД), диастолическое (ДАД), пульсовое (ПД) и среднее (АДС) артериальное давление покоя представлено как среднее из двух измерений.

Показатели BCP, используемые для оценки состояния стресса, рассчитывались в компьютерной программе «Кардиовизор».

1. ЧСС – частота сердечных сокращений (уд/мин);
2. SI – стресс индекс, рассчитанный по формуле Р.М. Баевского: $SI = AMo / 2Mo * MxDMn$, где AMo – амплитуда моды, Mo – мода RR - интервалов, $MxDMn$ - вариационный размах RR-интервалов;
3. RMSSD – (the root-mean-squared difference between successive RR intervals - среднеквадратичная разница между последовательными интервалами RR), индикатор общей вариабельности ритма сердца (мс).

$$RMSSD = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^{N-1} (RR_{i+1} - RR_i)^2}$$

, где N – общее количество интервалов RR в анализируемой записи RR_i – длительность i -го интервала RR, RR_{i+1} – длительность следующего $(i+1)$ интервала RR;

4. SDNN – (Standard Deviation of NN intervals) – показатель variability сердечного ритма, представляющий из себя стандартное отклонение RR-интервалов между ударами сердца за определённый период времени. Характеризует состояние эффектов воздействия ВНС на синусовый узел (мс)
$$SDNN = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (RR_i - \overline{RR})^2},$$
 где n – общее количество интервалов; RR_i – значение отдельного интервала между сердечными ударами; $\overline{RR}$ – среднее значение всех интервалов RR;

5. Мощность TP – (Total Power) представляет из себя общую сумму всех частотных компонентов спектра (общая мощность спектра BCP) $TP = HF + LF + VLF + ULF$, (мс²);

6. Мощность HF – (High Frequency) интегральный показатель спектрального анализа BCP, отражающий мощность колебаний RR-интервалов в высокочастотном диапазоне (0,15–0,40 Гц) (мс²);

7. Мощность LF – (Low Frequency) интегральный показатель спектрального анализа BCP, отражающий мощность колебаний RR-интервалов в низкочастотном диапазоне (0,04–0,15 Гц) (мс²);

8. Мощность VLF – (Very Low Frequency) интегральный показатель спектрального анализа BCP, отражающий мощность колебаний RR-интервалов в диапазоне очень низких частот (0,003–0,04 Гц) (мс²);

9. Мощность HF % – характеризует вклад парасимпатического отдела ВНС в регуляцию работы RR-интервалов. $HF \% = (\text{абс. HF (мс}^2\text{)} / TP \text{ (мс}^2\text{)}) * 100\%$, где абс. HF (мс²) – мощность колебаний ритма в диапазоне высоких частот (0,15–0,40 Гц), TP (мс²) – суммарная мощность всех частотных компонентов BCP;

10. Мощность LF % – относительный вклад низкочастотного компонента спектра. $LF \% = (\text{абс. LF (мс}^2\text{)} / (TP - VLF)) * 100\%$, где абс. LF (мс²) – мощность колебаний в диапазоне низких частот (0,04–0,15 Гц), TP (мс²) – суммарная мощность всех частотных компонентов BCP, VLF (мс²) – мощность колебаний RR-интервалов в диапазоне очень низких частот (0,003–0,04 Гц);

11. Мощность VLF % – относительная мощность очень низкочастотного компонента спектра (характеризует удельный вклад гуморальных, метаболических и эрготропных влияний в регуляцию сердечного ритма). $VLF \% = (\text{абс VLF (мс}^2\text{)} / \text{общ TP (мс}^2\text{)}) * 100\%$, где абс VLF (мс²) – мощность колебаний RR-интервалов в диапазоне очень низких частот (0,003–0,04 Гц), общ TP (мс²) – суммарная мощность всех частотных компонентов ВСР;

12. LF/HF (усл. ед.) – соотношение мощностей низкочастотного LF и высокочастотного HF спектра ВСР. $LF/HF = \text{абс LF (мс}^2\text{)} / \text{абс HF (мс}^2\text{)}$, где абс LF (мс²) - мощность колебаний сердечного ритма в низкочастотном диапазоне (0,04–0,15 Гц), абс HF (мс²) - мощность колебаний ритма в диапазоне высоких частот (0,15–0,40 Гц);

13. СРПВ м/с – скорость распространения пульсовой волны - скорость, с которой волна давления (созданная за одну систолу) распределяется по артериальной системе. Показатель СРПВ характеризует жесткость артерий и рассчитывается по формуле: $СРПВ = L / t$ (м/с), где L – расстояние между двумя точками регистрации пульсовой волны на артериальном русле, t – время пульсовой волны на дистальном участке по отношению к проксимальному.

Считается, что повышенная мощность HF волн отражает активность парасимпатических влияний, а мощность LF волн отражает уровень симпатических влияний, но с парасимпатическим компонентом [98]. Отношение LF/HF может быть индексом симпато-вагусного баланса автономной регуляции сердца [1, 84, 98]. Динамические наблюдения у спортсменов также показывают на корреляцию кортизола в слюне с RMSSD [159]. Таким образом, для оценки физиологического стресса мы использовали показатели вариабельности ритма сердца, которые отражают соотношение симпатических и парасимпатических влияний на ритм сердца, снижение показателей ВСР будет означать снижение парасимпатических влияний и увеличение отношения симпатических к парасимпатическим влияниям на сердце, что связывают с активацией физиологических стресс-систем. Мы полагаем, что уровень физиологического стресса будет тем выше, чем ниже

показатели общей ВСР: TP, SDNN, ниже мощность парасимпатических маркеров: HF и RMSSD и выше симпатических маркеров ВСР: LF LF/HF и стресс-индекса по Р. Баевскому (SI).

2.3.4 Стабилографические методы оценки устойчивости вертикальной позы

Для оценки устойчивости вертикальной позы использовался АПК «Стабилан 01-2» (ОКБ «Ритм», Таганрог) (Приложение 7). Все постуральные тесты выполнялись в «европейской стойке»: руки свободно свисают вдоль туловища, пятки стоп располагаются на расстоянии 2 см, носки разведены врозь под углом 30 градусов.

Постуральные тесты:

1) *Положение стоя на стабилоплатформе с открытыми глазами* в течение 20 секунд. Во время теста испытуемый считает количество белых кругов на экране монитора по окончании теста, называет количество кругов. Условное обозначение теста СТП-ОГ.

2) *Положение стоя на стабилоплатформе с закрытыми глазами* в течение 20 секунд. Испытуемый с закрытыми глазами считает количество звуковых сигналов, задаваемых программой, по окончании теста должен назвать количество звуковых сигналов. Условное обозначение теста СТП-ЗГ.

3) *Тест со зрительной обратной связью с масштабом 2 (тест, известный как «Мишень» с усилением чувствительности равным 2)*. Испытуемый в положении стоя с открытыми глазами управляет квадратом, представляющим положение его общего центра давления, движущимся по мишени на экране монитора в течение 20 секунд. Масштаб колебаний ОЦД, предъявляемого на экране монитора, был увеличен в 2 раза по сравнению с естественными колебаниями ОЦД. Условное обозначение теста ЗОС2.

4) *Тест со зрительной обратной связью с масштабом 32 (тест, известный как «Мишень» с усилением чувствительности равным 32)*. Тот же, что и тест 3,

но масштаб колебаний ОЦД увеличен в 32 раза по сравнению с естественными колебаниями. Условное обозначение теста ЗОС32.

5) Тест в положении стоя на подвижном во фронтальной плоскости (вправо-влево) пресс-папье с открытыми глазами ($h=10$ см, $r=60$ см), размещенном на стабилоплатформе в течение 20 сек. Условное обозначение теста ППф-ОГ.

6) Тест в положении стоя на подвижном во фронтальной плоскости (вправо-влево) пресс-папье с закрытыми глазами, размещенном на стабилоплатформе в течение 20 сек. Условное обозначение теста ППф-ЗГ.

7) Тест в положении стоя на подвижном в сагиттальной плоскости (вперёд-назад) пресс-папье с открытыми глазами, размещенном на стабилоплатформе в течение 20 сек. Условное обозначение теста ППс-ОГ.

8) Тест в положении стоя на подвижном в сагиттальной плоскости (вперёд-назад) пресс-папье с закрытыми глазами, размещенном на стабилоплатформе в течение 20 сек. Условное обозначение теста ППс-ЗГ.

Показатели постуральной устойчивости рассчитаны в программе StabMed2 (ОКБ «Ритм», Таганрог):

1. ELLS (мм^2) - доверительная (95%) площадь эллипса колебаний ЦД;
2. ЛСС (мм/сек) - линейная средняя скорость колебаний ЦД, как отношение общей длины пути ЦД ко времени теста.

9) Тест на определение пределов устойчивости. По инструкции испытуемому необходимо было отклониться вертикальным телом, не сгибаясь в коленных и тазобедренных суставах вперёд и назад, а также вправо и влево со зрительной обратной связью о перемещении собственного ОЦД. Предварительно проводилось опробование для освоения движения.

В данном тесте регистрировали показатели пределов устойчивости: 1) $LUp+LDn$ (мм) – суммарный предел устойчивости при наклоне тела вперёд и назад, рассчитывается как сумма LUp и LDn , характеризует запас постуральной устойчивости пациента в передне-заднем направлении; 2) $LRt+LLf$ (мм) – суммарный предел устойчивости при наклоне тела вправо и влево,

рассчитывается как сумма LR_t и LL_f , характеризует запас постуральной устойчивости пациента во фронтальном направлении; 3) $SZone$ (mm^2) – предельная площадь устойчивости, рассчитываемая по пределам устойчивости в четырех направлениях. $SZone = ((LUp+LDn)/2) * ((LR_t+LL_f)/2)$. $\%Szone$ (%) – площадь колебаний ЦД в обычной стойке с открытыми глазами ($\%Szone-ОГ$) и закрытыми глазами ($\%Szone-ЗГ$) относительно предельной площади устойчивости, рассчитанная как: $\%Szone = (SZone - ELLS) * 100 / ELLS$.

2.3.5 Определение общей физической работоспособности (PWC170)

Для определения показателей физической работоспособности использован тест PWC170 со ступенчато-возрастающей нагрузкой на велоэргометр «Kettler ergometer EX 3» (Приложение 6). Перед началом теста фиксировалась ЧСС в покое в положении сидя на велоэргометре. Нагрузка начиналась на ступени с мощностью 25 Вт, продолжительностью 1 минуту, каждая последующая нагрузка увеличивалась на 25 Вт и продолжалась также 1 мин. Выполнение теста продолжалось до достижения $ЧСС \geq 170$ уд/мин в конце ступени. Частота оборотов педалей составляла 70 оборотов, для измерения пульса использовался пульсометр «PolarRS800» и программа для фиксирования пульса «PolarBeat». После завершения выполнения теста испытуемый оставался на велоэргометре, фиксировалось ЧСС в период восстановления в положении сидя на 30-й секунде; 60-й секунде; 90-й секунде и 120-й секунде. Индекс PWC170 рассчитывался по формуле

$$PWC170 = W1 + (W2 - W1)(170 - ЧСС1)/(ЧСС2 - ЧСС1), \text{ где:}$$

$PWC170$ — мощность физической нагрузки на велоэргометре, при которой достигается ЧСС, равная 170 уд/мин;

$W1$ и $W2$ — мощность предпоследней (1) и последней (2) ступени (Вт); $ЧСС1$ и $ЧСС2$ — ЧСС в конце предпоследней (1) и последней (2) ступени.

Для оценки скорости восстановления ЧСС рассчитывали разности ЧСС_{max} и ЧСС на 30-й сек (ЧСС₃₀), 60-й сек (ЧСС₆₀), 90-й сек (ЧСС₉₀) и 120-й сек (ЧСС₁₂₀) после окончания нагрузки.

Измерение максимальной силы кистевого сжатия выполнялось каждой рукой по 2 раза с использованием кистевого динамометра (ДК-100).

Статистика, используемая для определения значимых различий в динамическом наблюдении. Все показатели были проверены на нормальность распределения с помощью критерия Shapiro-Wilk. В случае несущественного нарушения нормального распределения данные представлены как средняя арифметическая (M) $\pm$ Стандартное отклонение (ст. отк.) или $M \pm 95$ -процентный доверительный интервал (Д.И.) на рисунках. При существенном нарушении нормальности распределения данные представлены как медиана и межквартильный размах ($Me [Q25-Q75]$). Для оценки различий между тремя группами (МС, КМС и ГК) для нормально распределённых данных использован параметрический дисперсионный анализ (ANOVA), а для попарных сравнений – критерий наименьшей значимой разности (post-hoc LSD-критерия) в рамках модуля ANOVA. Для оценки изменений показателей в трёх точках измерений в группах в течение соревновательного сезона использован смешанный двухфакторный дисперсионный анализ (ANOVA repeated) с факторами «Группа» (МС, КМС и ГК) и «Этап сезона» (октябрь, январь и апрель), изменения показателя за этап сезона внутри группы оценивались с помощью апостериорного критерия наименьшей значимой разности (post-hoc LSD-критерия) в модуле ANOVA repeated. Для ненормально распределённых данных различия между тремя группами оценивали с помощью рангового дисперсионного анализа Kruskal-Wallis ANOVA и апостериорного критерия в рамках ANOVA. Корреляционные анализы проведены с помощью корреляции Пирсона или Спирмена. Статистически значимыми считали различия при $p < 0,05$, а $p < 0,1$ рассматривали как тенденцию. Для целевых показателей определяли величину изменения за тренировочный этап (Δ , %). Расчёты выполнены в программе Statistica v12, Statsoft.

Организация и методы исследования на втором этапе исследования, посвященного определению взаимосвязи устойчивости вертикальной позы с чувствительностью подошвенной части стопы и подвижностью стопы в голеностопном суставе (задача №4) у девушек, занимающихся художественной и эстетической гимнастикой.

Организация исследования. Дизайн исследования на втором этапе относился к одномоментному поперечному исследованию со смешанным планом, включающим межгрупповой фактор (две группы: Гимнастки и ГК) и внутригрупповой фактор с повторными измерениями: а) открытые и закрытые глаза, б) стабильная и подвижная опора. Исследования проводились в условиях лаборатории.

Обследуемые. В исследованиях приняли участие 32 девушки (средний возраст - 20,8 лет), которые составили группу «Гимнастки» и группу «Контроль» (ГК).

В группу «Гимнастки» ($n=16$) вошли высококвалифицированные спортсменки, занимающиеся эстетической ($n=9$) и художественной ($n=7$) гимнастикой со спортивным стажем $11,7 \pm 3,9$ лет и средним объемом тренировочной нагрузки $17,3 \pm 8,6$ часа в неделю. Критерии отбора в группу «Гимнастки» были следующими: стаж занятий гимнастикой не менее 5 лет, текущий уровень занятий гимнастикой – не менее 3 раз в неделю, а также отсутствие травм нижних конечностей в течение более 2 месяцев, уровень спортивной квалификации не ниже КМС.

В «ГК» ($n=16$) вошли бывшие спортсменки, у которых не было упражнений с направленностью на развитие подвижности стопы, а также на увеличение чувствительности подошвы стопы, в течение более 3 предшествующих лет: теннисистки ($n=3$), волейболистки ($n=3$), легкоатлетки ($n=4$), лыжницы ($n=3$) и представительницы гребли ($n=3$). Девушки, вошедшие в ГК на момент измерения, были со спортивным званием не выше КМС и их спортивный стаж составлял $8,2 \pm 4,6$ лет, а средний объем тренировочной нагрузки $10,5 \pm 5,5$ часов в неделю.

Группы не отличались по возрасту (Таблица 7) ($20,9 \pm 3,8$ лет в ГК и $19,7 \pm 0,7$ лет у Гимнасток, $p=0,213$), длине тела ($168,9 \pm 8,1$ см в ГК и $165,7 \pm 5,7$ см у Гимнасток, $p=0,245$). Однако гимнастки отличались большими величинами спортивного стажа ($p=0,026$) и объема недельной тренировочной нагрузки ($p=0,011$), а также тенденцией к меньшей массе тела ($p=0,078$).

Важно отметить, что группы были сопоставимы по общей спортивной активности: обе обладали значительным спортивным стажем и высокими текущими тренировочными нагрузками. Поскольку многие виды спорта способствуют развитию регуляции вертикальной позы [40], то сравнение двух групп спортсменок позволит выявить специфические особенности регуляции позы у гимнасток, которые предпочтительно тренируются без обуви, и имеют направленное развитие гибкости суставов нижних конечностей.

Таблица 7 – Основные антропометрические и тренировочные характеристики обследуемых спортсменок, привлеченных для решения 4-й задачи исследования

Показатели	ГК (n=16)	Гимнастки (n=16)	p
Спортивный стаж, лет	$8,2 \pm 4,5$	$11,7 \pm 3,8$	0,026
Возраст, лет	$20,9 \pm 3,8$	$19,7 \pm 0,7$	0,213
Недельная нагрузка, час	$10,5 \pm 5,0$	$17,3 \pm 8,6$	0,011
Длина тела, см	$168,9 \pm 8,1$	$165,7 \pm 5,7$	0,245
Масса тела, кг	$62,2 \pm 9,5$	$56,9 \pm 4,4$	0,078

П р и м е ч а н и е – p – статистическая вероятность различия по t-критерию Стьюдента.

На момент исследований девушки не имели жалоб по своему состоянию здоровья и за последние полгода не получали травм опорно-двигательного аппарата. Все исследования проводились в первой половине дня с 8 утра до 12 часов дня. Все испытуемые дали добровольное информированное согласие на участие.

Последовательность методов измерений была следующей:

- 1 – определение уровня тактильной чувствительности подошвенной части стопы с применением набора нейлоновых монофиламентов Semmes-Weinstein;
- 2 – определения максимальных углов движения в голеностопном суставе;
- 3 – исследование показателей поструральной устойчивости.

2.3.6 Методика анализа порога тактильной чувствительности подошвы стоп

Для оценки тактильной чувствительности подошвы стоп определяли пороги субъективной чувствительности надавливания тонких нейлоновых монофиламентов Semmes-Weinstein (Fabrication Enterprises. USA) стандартизированной упругости, создающие силу надавливания, эквивалентную 0,008; 0,02; 0,04; 0,07; 0,16; 0,4; 0,6 грамм силы (Г) на девять участков подошвенной части левой и правой стопы, выбранных по рекомендациям международной исследовательской группы [194]: подушечки 1-го, 3-го, 5-го пальцев; головки 1-й, 3-й, 5-й плюсневых костей; медиальная и латеральная средняя часть подошвы; пятка (Рис. 2а).

Измерения проводились в помещении стандартной комнатной температуры (21-22 °С) и нормальной влажности (35-45%). За день до измерений участнице исследования запрещалось смазывать стопы любыми кремами, а перед тестированием - пользоваться водными или увлажняющими стопы процедурами. Испытуемая лежала в удобном положении на кушетке на животе, лицом вниз с оголенными голеньями ниже колена и после температурной адаптации (10 мин) сообщала о надавливании монофиламента в определенный участок стопы, которую она не видела.

Надавливание происходило в случайном порядке на разные участки подошвы стопы, обозначенные номерами: 1л - 9л для левой и 1п - 9п – для правой стопы. Испытуемая сообщала номер участка, на который надавливал

экспериментатор (Рис. 2б). Предварительно было 3-5 опробований. В каждом участке кожи подошвы определялось минимальное значение монофиламента, нажатие на кожу которым ощущала испытуемая.

Для оценки интегральной кожной чувствительности определялась средняя арифметическая чувствительности для всей подошвы. Испытуемому осуществляли трёхкратное прикосновение в течение 2 сек под углом 90° до небольшого прогиба монофиламента. Для исключения случайных правильных ответов испытуемая должна была назвать верный стимулируемый участок неоднократно (≥ 2 раза).

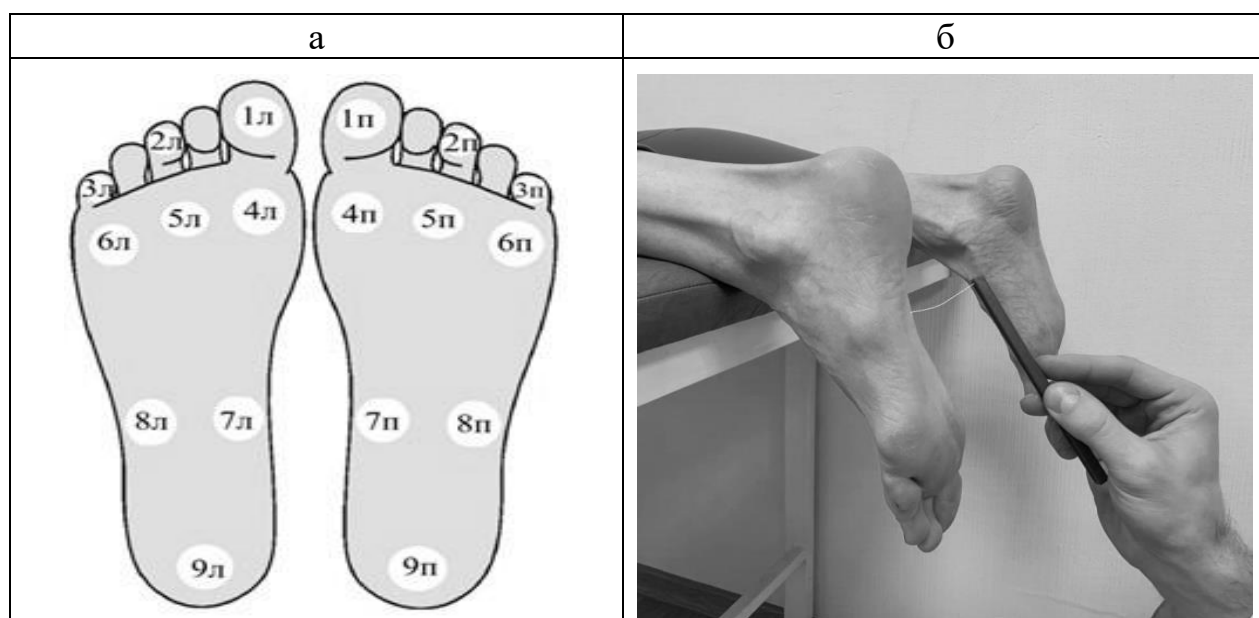


Рисунок 2 – Методика анализа порога тактильной чувствительности подошвы стоп: (а) – Локальные участки левой и правой подошвы, в которых оценивался порог тактильной чувствительности; (б) – Момент надавливания монофиламентом на участок подошвы

Во всех точках обследование начиналось с монофиламента 0,008 г, в случае если после 3-кратного прикосновения оно не ощущалось, последовательно переходили к следующему более упругому монофиламенту до тех пор, пока не возникало ощущение прикосновения у испытуемой. Для анализа использовали минимальные пороги тактильной чувствительности в

каждом из девяти участков левой (Л1-Л9) и правой (П1-П9) подошв, а также средние значения (Л1-9 и П1-9) по всем точкам подошвы стопы. Чем меньше в граммах было ощущаемое давление, тем выше тактильная чувствительность подошвы у испытуемой.

2.3.7 Измерение амплитуды сгибаний и разгибаний стоп в голеностопном суставе

Измерение максимальной амплитуды (град) плантарного сгибания (ПС) и дорсального разгибания (ДР) обеих стоп проводилось сидя на кушетке. С целью фиксации точек, необходимых для последующего наложения сторон угломера к латеральной лодыжке, к выступу основания мизинца и выступу головки малоберцовой кости у колена крепились ЭКГ-электроды «кнопка». Из исходного вертикального положения стопы (Рис. 3а), которое контролировалось с помощью исследователя, испытуемый выполнял три плантарных сгибания (Рис. 3б), а затем три дорсальных разгибания в голеностопном суставе. Движение стопы фиксировалось на видеозапись стационарно установленным мобильным телефоном, а затем амплитуда движений стопы определялась с помощью компьютерного приложения Kinovea 2023.1.2. Для дальнейшего анализа использовалась лучшая попытка.

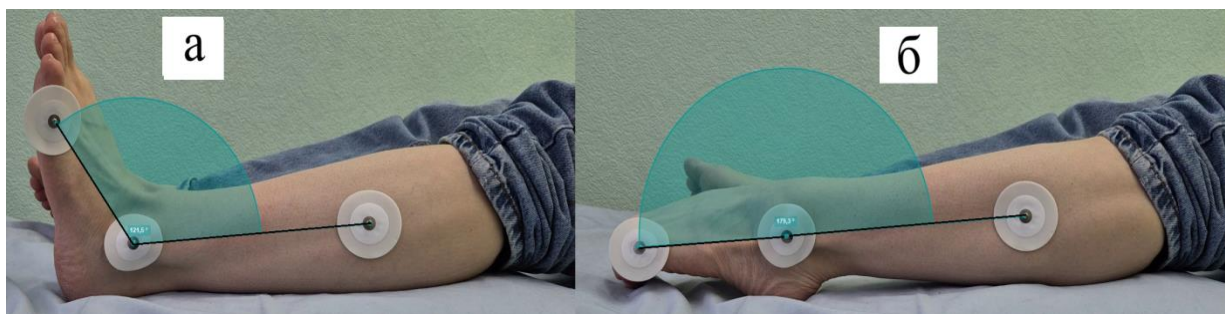


Рисунок 3 – Измерение амплитуды плантарного сгибания стопы в голеностопном суставе с использованием приложения Kinovea: (а) – исходное положение стопы, показан исходный угол голеностопного сустава; (б) – положение максимального плантарного сгибания стопы. Угол плантарного сгибания определяется вычитанием из угла «б» угла «а»

2.3.8 Методы оценки постуральной устойчивости у спортсменок

Для оценки постуральной устойчивости использовалось АПК «Стабилан-01-2» с программным обеспечением StabMed2 (ОКБ «Ритм», г. Таганрог). Испытуемые всегда находились в «европейской стойке» (руки свободно висят вдоль туловища, пятки стоп располагаются вместе на расстоянии 2 см, носки разведены врозь под углом 30 градусов). Регуляция позы оценивалась в следующих положениях тела.

1) Основная стойка на стабильной платформе с открытыми глазами в течение 30 сек. Испытуемый считал количество белых кругов на экране монитора и по окончании теста, называет количество кругов.

2) Основная стойка на стабильной платформе с закрытыми глазами в течение 30 сек. Испытуемый считал количество звуковых сигналов.

3) Основная стойка с открытыми глазами на подвижном во фронтальной плоскости пресс-папье (высотой $h=10$ см и радиусом кривизны $r=60$ см) и с подсчетом количества кругов на мониторе.

4) Основная стойка с закрытыми глазами на подвижном во фронтальной плоскости пресс-папье ($h=10$ см и $r=60$ см) и с подсчетом количества звуковых сигналов.

5) Основная стойка с открытыми глазами на подвижном в сагиттальной плоскости пресс-папье (высотой $h=10$ см и радиусом кривизны $r=60$ см) и с подсчетом количества кругов на мониторе.

6) Основная стойка с закрытыми глазами на подвижном в сагиттальной плоскости пресс-папье ($h=10$ см и $r=60$ см) с подсчетом количества звуковых сигналов.

Для анализа устойчивости позы использовали доверительную площадь колебаний общего центра давления (ELLS, мм²) и линейную среднюю скорость (ЛСС, мм/сек) колебаний ЦД.

2.3.9 Методы математической статистики, используемые для расчётов на втором этапе исследований

Все показатели за исключением подвижности стоп имели ненормальное распределение, установленное критерием Shapiro-Wilk, и представлены как медиана, межквартильный размах, максимальное и минимальное значение (Me [Q1, Q3] max-min). Поэтому межгрупповые сравнения устойчивости позы, тактильной чувствительности выполнены с использованием критерия Mann-Whitney и t-критерия Стьюдента - для показателей подвижности стопы. Для оценки статистической мощности проведенных сравнений был выполнен post-hoc анализ (далее p-hPW, от post-hoc statistical Power) для ключевых переменных, по которым были обнаружены значимые различия. Расчёты проводились в среде Python с использованием библиотек pandas, numpy и scipy. Мощность оценивалась с применением bootstrap-подхода (1000 итераций): на каждой итерации из исходных данных групп формировались случайные подвыборки с возвращением того же размера, после чего для них применялся U-критерий Манна-Уитни. Итоговая мощность рассчитывалась как доля итераций, в которых достигался уровень статистической значимости $p < 0,05$. Взаимосвязь стабильнографических показателей с подвижностью стопы и тактильной чувствительностью определялась непараметрической корреляцией Спирмена. Сила корреляций оценивалась согласно принятым критериям в физиологии и медицине [212]: значения ниже 0,39 считались слабыми, 0,4–0,69 - умеренными, 0,7–0,9 – сильными и $> 0,9$ - очень сильными. Согласно рекомендациям Винсента [212], значения $0 \leq r \leq 0,69$ указывают на слабую корреляцию, $0,70 \leq r \leq 0,89$ - на среднюю, а $r \geq 0,90$ - на сильную.

Для выявления независимых корреляций степени прироста отношение ELLS-ЗГ/ОГ-ППф и ЛСС-ЗГ/ОГ-ППс и степени прироста отношение ELLS-ПП/СТП, ЛСС-ПП/СТП в стойках на пресс-папье относительно стоек на стабильноплатформе с подвижностью стоп и порогами тактильной чувствительности подошв использовалась множественная регрессия. Все

параметры перед множественной регрессией были нормализованы с помощью Box-Cox преобразования. Расчёты выполнены в программе Statistica 12.5 StatSoft.

Глава 3 Результаты исследования

3.1 Динамика поструральной устойчивости у эстетических гимнасток в течение соревновательного сезона

Динамика поструральной устойчивости в стойке на стабиллоплатформе с открытыми глазами. В стойке на стабиллоплатформе (СТП) с ОГ существенных различий между группами в трёх периодах наблюдения не выявлено (все $p > 0,1$). Площадь (Рис. 4а) и скорость колебаний ОЦД (Рис. 4б) не различались между группами и не изменялись существенно в течение соревновательного сезона.

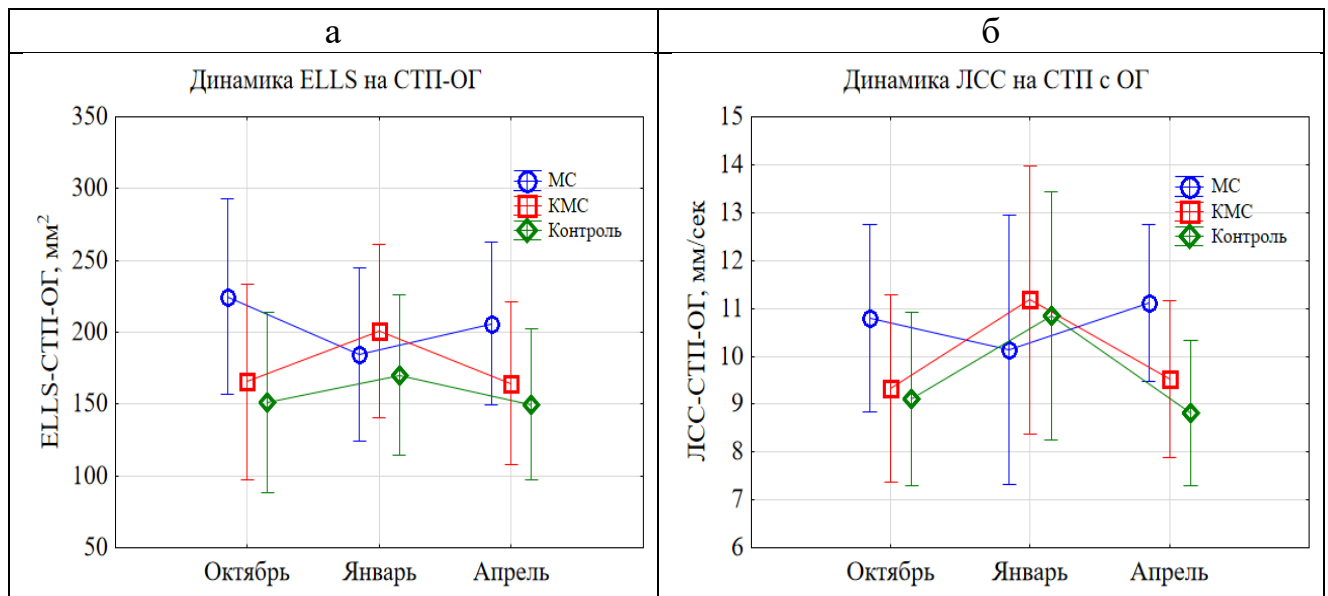
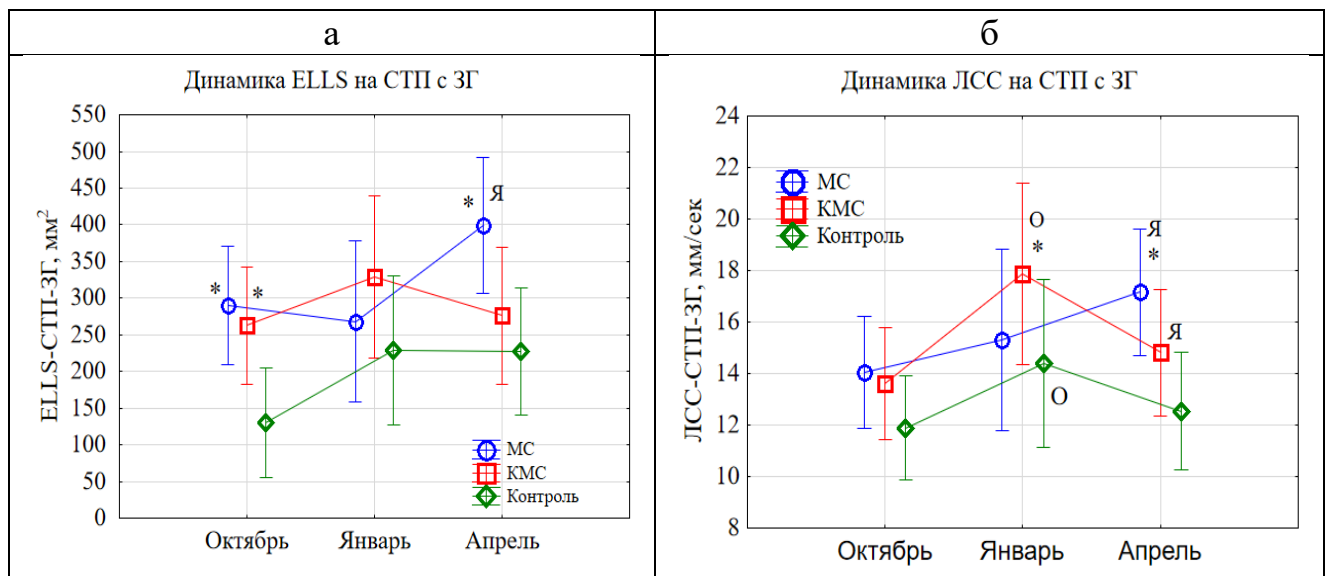


Рисунок 4 – Стабилографические показатели устойчивости позы в стойке на стабиллоплатформе с открытыми глазами: (а) – динамика ELLS в группах; (б) – динамика ЛСС в группах ($M \pm 95\%$ Дов. Инт.)

Динамика поструральной устойчивости в стойке на стабиллоплатформе с закрытыми глазами. В стойке на стабиллоплатформе (СТП) с ЗГ выявлены существенные различия между группами. ELLS-СТП-ЗГ у гимнасток МС была повышена в октябре ($p=0,014$), не отличалась от контрольных величин в январе ($p=0,541$), а затем увеличивалась к апрелю ($p=0,029$ vs Январь) и становилась снова больше ($p=0,008$), чем в ГК (Рис. 5а). В группе КМС в октябре также

ELLS-СТП-3Г были повышены ($p=0,042$) по сравнению с ГК. ЛСС не различались между группами в октябре, но у гимнасток МС она увеличивалась к апрелю по сравнению с октябрём ($p=0,021$) и становилась выше по сравнению с ГК ($p=0,016$; Рис. 5б). У гимнасток КМС ЛСС увеличивалась в январе ($p=0,002$ vs Октябрь), превышая контрольные значения ЛСС ($p=0,002$), и снижалась в апреле ($p=0,024$ vs Январь). В целом, устойчивость вертикальной позы у гимнасток МС была ниже, чем у ГК (Рис. 6); сниженная устойчивость позы на СТП с 3Г отмечалась в январе и у гимнасток КМС.



* – $p < 0,05$ vs группой «Контроль»;

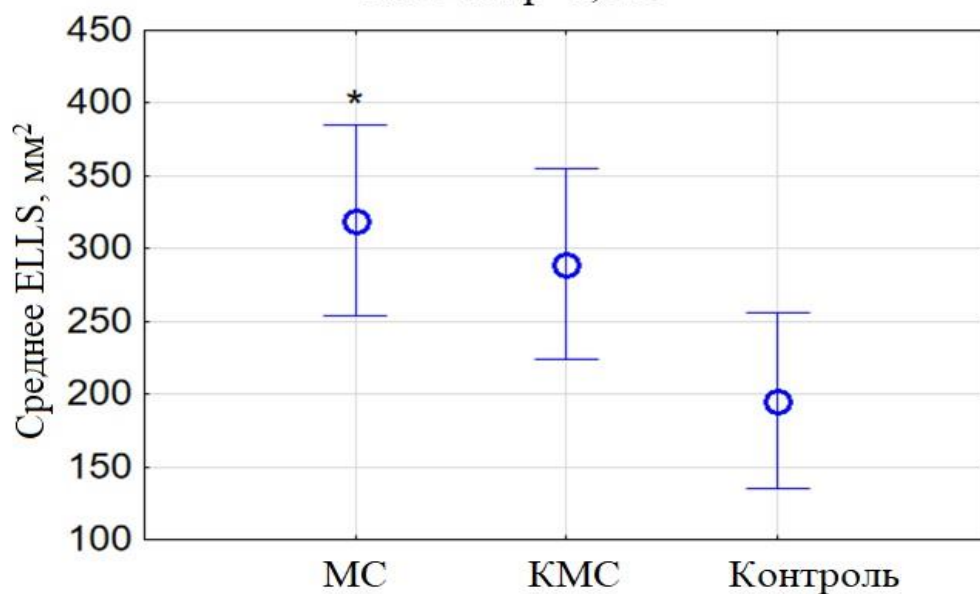
O – $p < 0,05$ vs Октябрь;

Я – $p < 0,05$ vs Январь

Рисунок 5 – Стабилографические показатели устойчивости позы в стойке на стабиллоплатформе с закрытыми глазами: (а) – динамика ELLS в группах; (б) – динамика ЛСС в группах ($M \pm 95\%$ Дов. Инт.)

Динамика поструральной устойчивости в стойке на фронтальном пресс-папье с открытыми глазами. В стойке на фронтальном пресс-папье с ОГ (ППф-ОГ) существенных различий между группами в трёх периодах наблюдения не выявлено. Площадь (Рис. 7а) и скорость колебаний ОЦД (Рис. 7б) не различались между группами, и не изменялись существенно в течение соревновательного сезона.

Среднее ELLS за три измерения в стойке на СТП с ЗГ
ANOVA $p=0,020$



* – $p < 0,05$ vs группой «Контроль»

ANOVA p – значимость различий между тремя группами

Рисунок 6 – Среднее значение ELLS в группах за три измерения (октябрь, январь, апрель) в течение соревновательного сезона

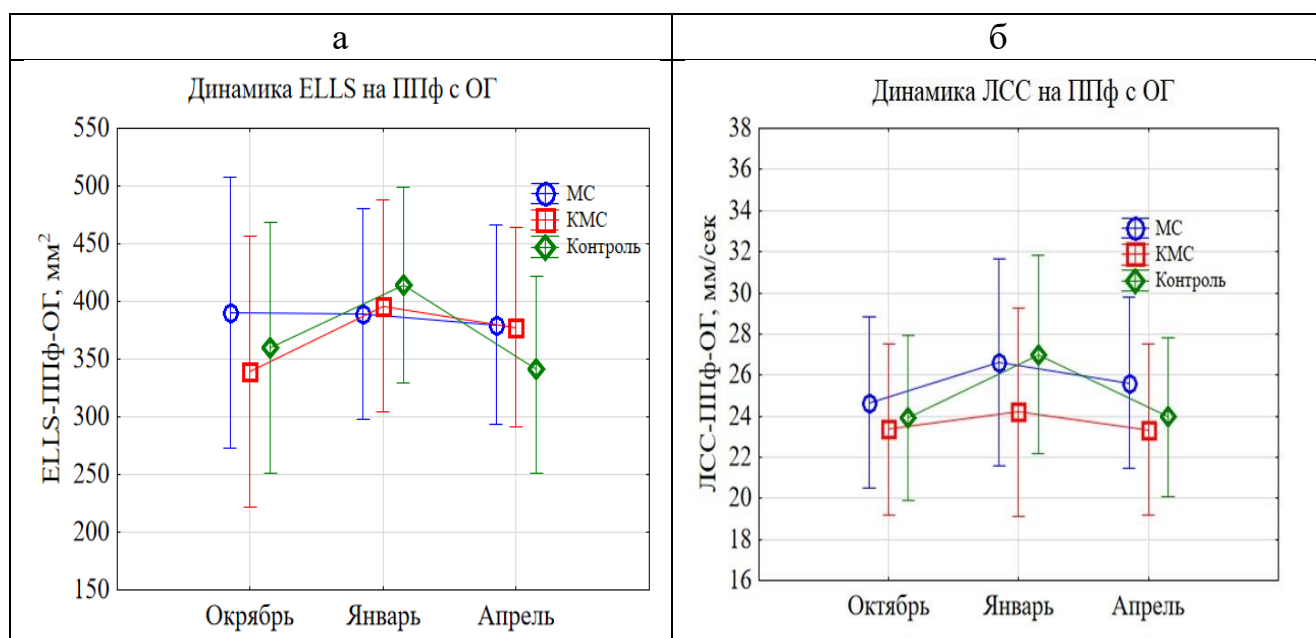
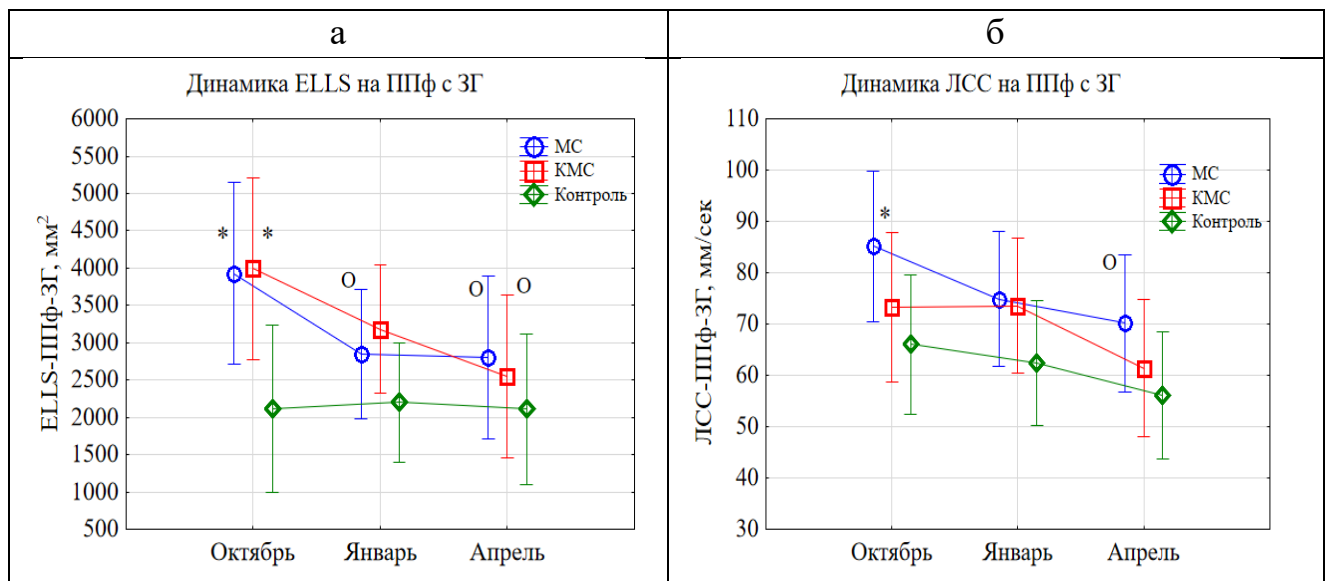


Рисунок 7 – Стабилографические показатели устойчивости позы на пресс-папье, подвижном по фронтالي, с открытыми глазами: (а) – динамика ELLS в группах; (б) – динамика ЛСС в группах ($M \pm 95\%$ Дов. Инт.)

Динамика поструральной устойчивости в стойке на фронтальном пресс-папье с закрытыми глазами. В стойке на ППф с ЗГ (ППф-ЗГ) в начале сезона, в октябре, отмечались повышенные величины ELLS у спортсменок МС ($p=0,014$) и КМС ($p=0,011$) по сравнению с ГК (Рис. 8а). К апрелю у спортсменок обеих групп ELLS снижалась ($p=0,027$ у МС и $p=0,005$ у КМС) и выравнивалась с ГК ELLS. ЛСС также была выше у МС в октябре ($p=0,041$), но снижалась к апрелю ($p=0,045$) и становилась равной контрольным значениям ЛСС ($p=0,131$; Рис. 8б). В целом за год, средние ELLS-ППф-ЗГ за три периода измерений не отличались между группами по данным ANOVA ($p=0,125$).

Таким образом, устойчивость позы на ППф у гимнасток МС была исходно снижена и повышалась к третьему измерению в апреле. В группе КМС устойчивость позы на ППф с ЗГ также была ниже в начале сезона (октябре) и повышалась к апрелю.



* – $p<0,05$ vs группой «Контроль»;

O – $p<0,05$ vs Октябрь

Рисунок 8 – Стабилографические показатели устойчивости позы на пресс-папье, подвижном по фронтالي, с закрытыми глазами: (а) – динамика ELLS в группах; (б) – динамика ЛСС в группах ($M \pm 95\%$ Дов. Инт.)

Динамика поструральной устойчивости в стойке на сагиттальном пресс-папье с открытыми глазами. В стойке на сагиттальном пресс-папье с ОГ (ППс-ОГ) существенных различий между группами в трёх периодах наблюдения не

выявлено. Площадь (Рис. 9а) и скорость колебаний ОЦД (Рис. 9б) не различались между группами (в октябре $p=0,071$ для ELLS-ППс-ОГ и $p=0,461$ для ЛСС-ППс-ОГ у МС-ГК; $p=0,728$ для ELLS-ППс-ОГ и $p=0,639$ для ЛСС-ППс-ОГ у КМС-ГК; $p=0,152$ для ELLS-ППс-ОГ и $p=0,235$ для ЛСС-ППс-ОГ у МС-КМС), и не изменялись существенно в течение соревновательного сезона (все $p>0,1$).

Динамика поструральной устойчивости в стойке на сагиттальном пресс-папье с закрытыми глазами. В стойке на сагиттальном пресс-папье с 3Г (ППс-3Г) ELLS-ППс-3Г была выше у гимнасток МС в октябре ($p=0,048$; Рис. 10а), а в остальных периодах наблюдения отличия между МС и ГК отсутствовали. Также не выявлено различий между группами КМС и ГК по ELLS. Различий не выявлено по ЛСС между группами МС и ГК, а также между группами КМС и ГК (Рис. 10б). Существенных динамических изменений за периоды октябрь-январь и январь-апрель в группах не отмечалось. Таким образом, в стойке на ППс с 3Г устойчивость позы у гимнасток МС также, как и в стойках на СТП-3Г и ППф-3Г была снижена относительно ГК в начале соревновательного сезона.

Динамика поструральной устойчивости в тесте со зрительной обратной связью с масштабами увеличения смещений ОЦД в 2 раза (ЗОС2). Существенных отличий в ELLS в тесте со ЗОС2 в течение соревновательного сезона не выявлено (Рис. 11а). ЛСС-ЗОС2 также не различалась между группами (Рис. 11б). Среднегодовые значения ЛСС-ЗОС2 и ELLS-ЗОС2 также не различались между группами ($p=0,189$ для ELLS-ЗОС2 и $p=0,272$ для ЛСС-ЗОС2). Таким образом, способность к регуляции вертикальной позы на основе ЗОС малого масштаба увеличения (в 2 раза) у гимнасток МС и КМС была сопоставима с ГК.

Динамика поструральной устойчивости в тесте со зрительной обратной связью с масштабами увеличения смещений ОЦД в 32 раза (ЗОС32). ELLS-ЗОС32 ($p=0,007$; Рис. 12а) и ЛСС-ЗОС32 ($p=0,028$; Рис. 12б) у гимнасток МС были ниже, чем в ГК в октябрьском измерении. К апрелю ELLS-ЗОС32

($p=0,003$; Рис. 12а) и ЛСС-ЗОС32 ($p=0,009$; Рис. 12б) снижались у гимнасток МС по отношению к октябрю и становились сходными с ГК.

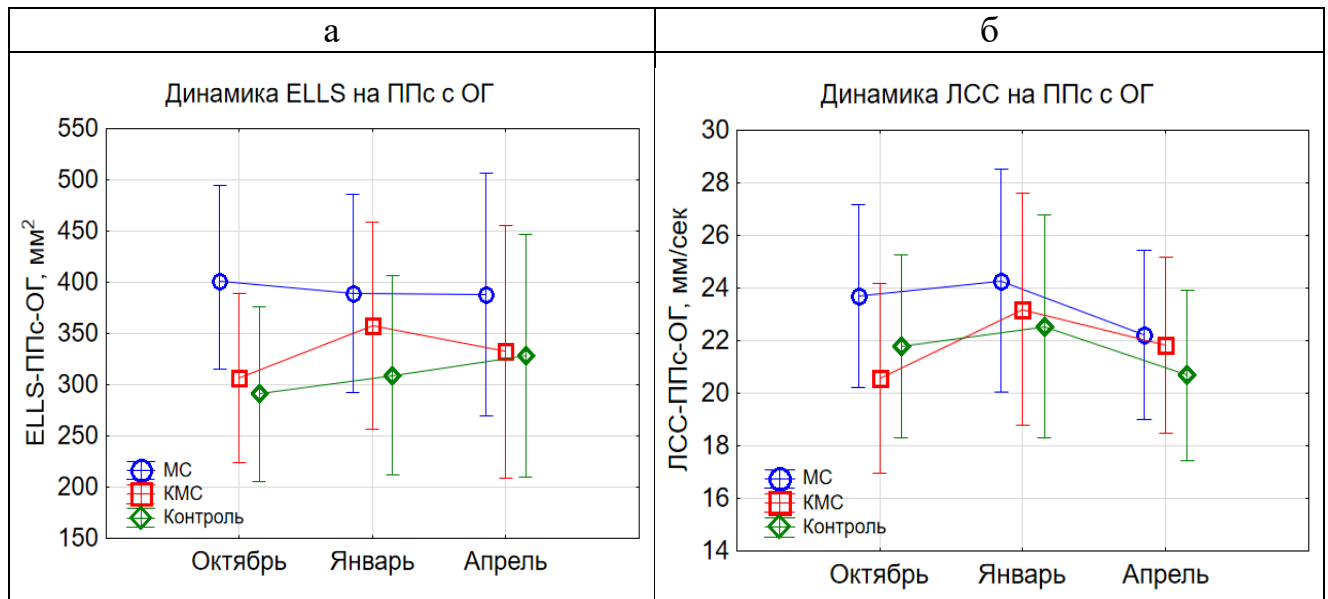
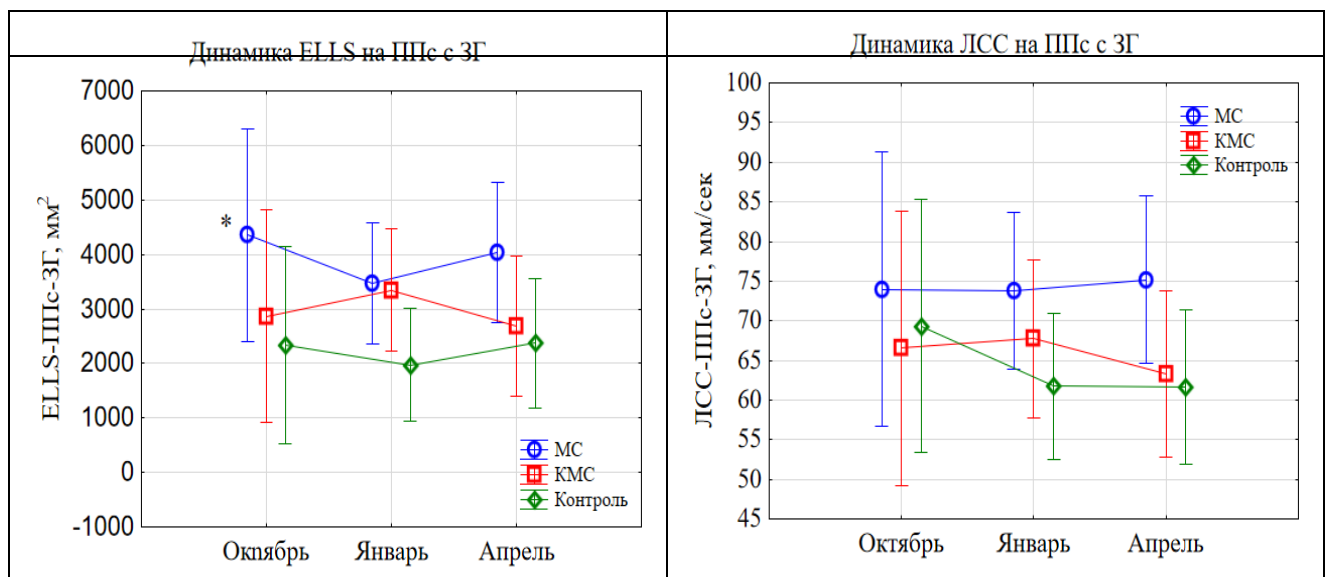


Рисунок 9 – Стабилографические показатели устойчивости позы на пресс-папье, подвижном по сагиттали, с открытыми глазами: (а) – динамика ELLS в группах; (б) – динамика ЛСС в группах ($M \pm 95\%$ Дов. Инт.)



* – $p < 0,05$ vs группой «Контроль»

Рисунок 10 – Стабилографические показатели устойчивости позы на пресс-папье, подвижном по сагиттали, с закрытыми глазами: (а) – динамика ELLS в группах; (б) – динамика ЛСС в группах ($M \pm 95\%$ Дов. Инт.)

У гимнасток КМС ELLS-ЗОС32 ($p=0,630$; Рис. 12а) и ЛСС-ЗОС32 ($p=0,656$; Рис. 12б) не отличались от значений ГК. Таким образом, у гимнасток МС регуляция устойчивости позы при наличии зрительной обратной связи была менее эффективна по сравнению с ГК, но быстро улучшалась по мере повторных тестирований в соревновательном сезоне. В данном тесте регуляция позы происходит при сильном нарушении масштаба движения ОЦД на экране монитора (увеличение в 32 раза), что при высокой зависимости регуляции позы от зрительного контроля ведёт к значительно повышенным колебаниям амплитуды и скорости ОЦД. Следовательно, высокие ELLS-ЗОС32 и ЛСС-ЗОС32 у гимнасток МС могут означать высокую зависимость регуляции позы от зрительной информации.

Средняя постуральная устойчивость во всех тестах у эстетических гимнасток. Поскольку в некоторых тестах, главным образом, в стойках с ОГ показатели колебаний ОЦД – ELLS и ЛСС не отличались между группами, а в стойках с ЗГ выявлены или отсутствие различий, или повышенные значения колебаний тела, для выяснения «средней постуральной устойчивости» мы проанализировали все значения ELLS (Рис. 13) и ЛСС (Рис. 14) в группах за все 8 тестов в трёх измерениях в течение сезона: 1) СТП-ОГ, 2) СТП-ЗГ, 3) ППф-ОГ, 4) ППф-ЗГ, 5) ППс-ОГ, 6) ППс-ЗГ, 7) ЗОС2 и 8) ЗОС32 + те же 8 тестов во 2 и 3 срезе, всего 24 теста на равновесие. Результаты показали, что среднее ЛСС в течение сезона во всех тестах была выше у гимнасток МС (LSD критерий: $p=0,010$; Рис. 14), а у гимнасток КМС средняя ЛСС не отличалась от ГК (LSD критерий: $p=0,248$). Также среднее ELLS в течение всего сезона у гимнасток МС ($p=0,007$) и гимнасток КМС ($p=0,060$) была больше, чем в ГК (Рис. 13). Таким образом, средняя устойчивость вертикальной позы во всех 8 статических тестах в течение трёх измерений в соревновательном сезоне у эстетических гимнасток была снижена, в основном за счет тестов на СТП-ЗГ, ППф-ЗГ и ЗОС32.

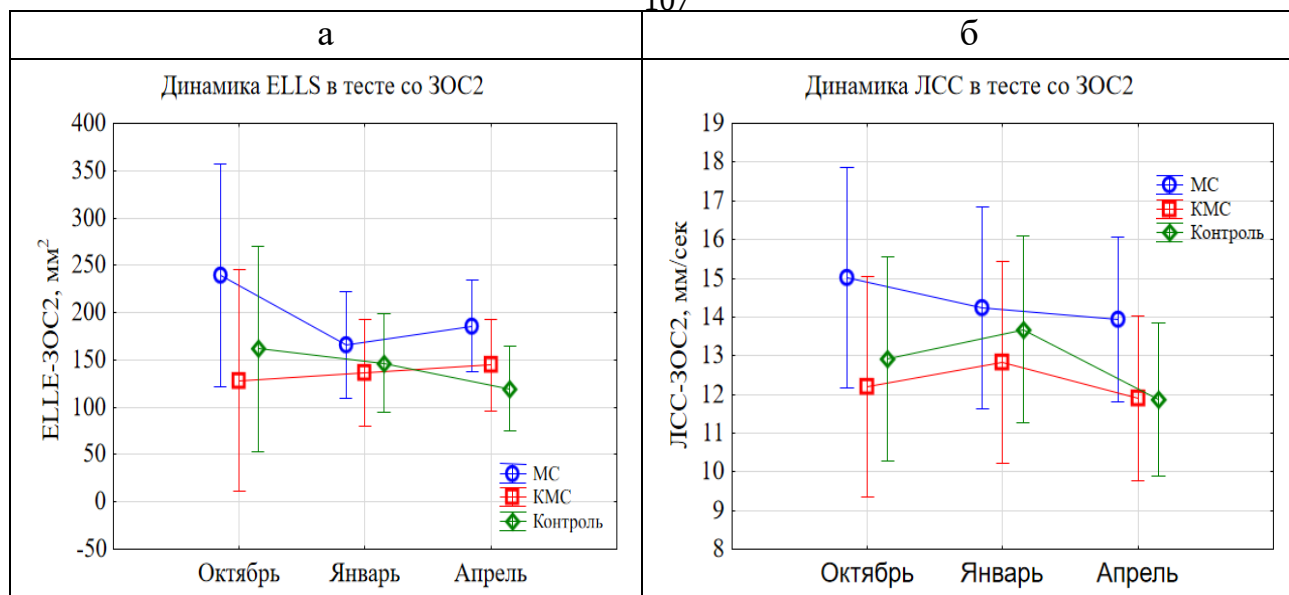
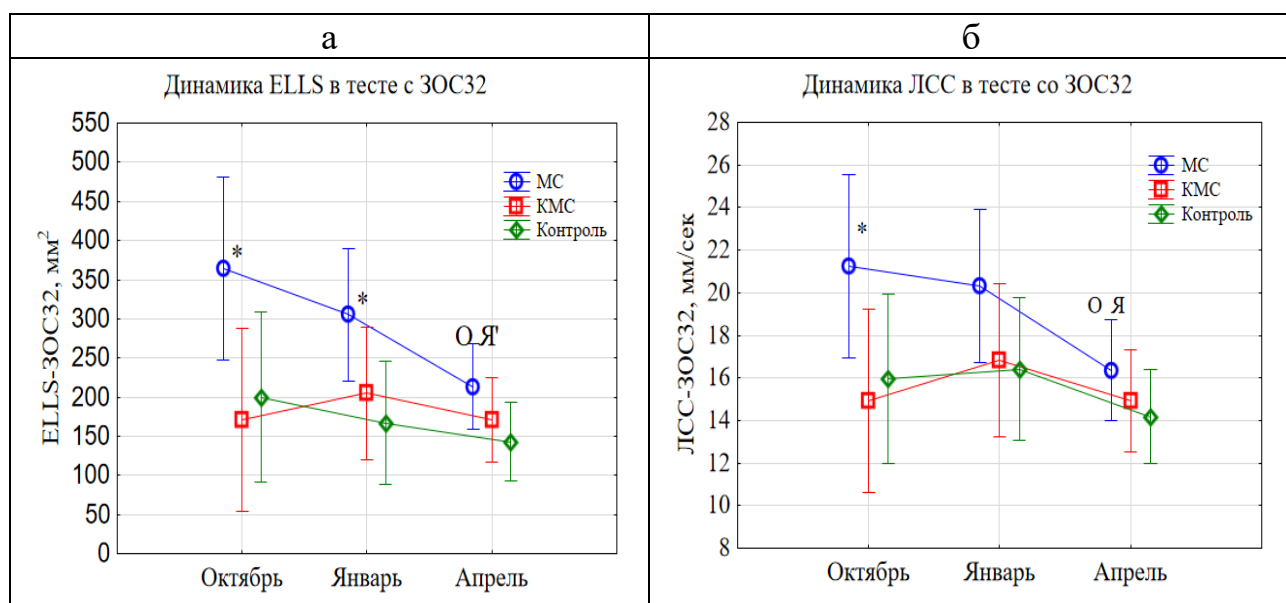


Рисунок 11 – Стабилографические показатели устойчивости позы в тесте со зрительной обратной связью с масштабами увеличения смещений ОЦД в 2 раза (ЗОС2): (а) – динамика ELLS в группах; (б) – динамика ЛСС в группах ($M \pm 95\%$ Дов. Инт.)



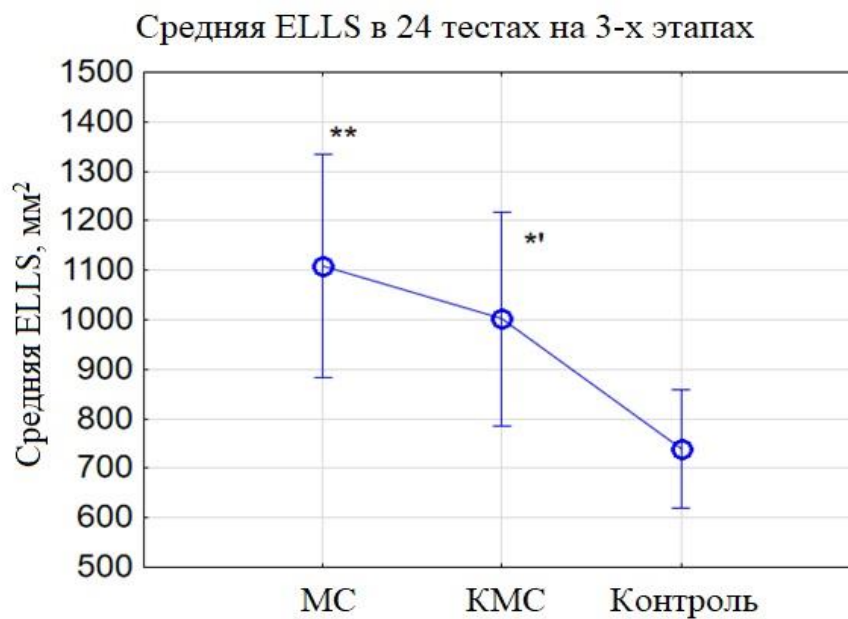
* – $p < 0,05$ vs группой «Контроль»;

Я'/Я – $p = 0,069$ vs Январь;

Я – $p < 0,05$ vs Январь;

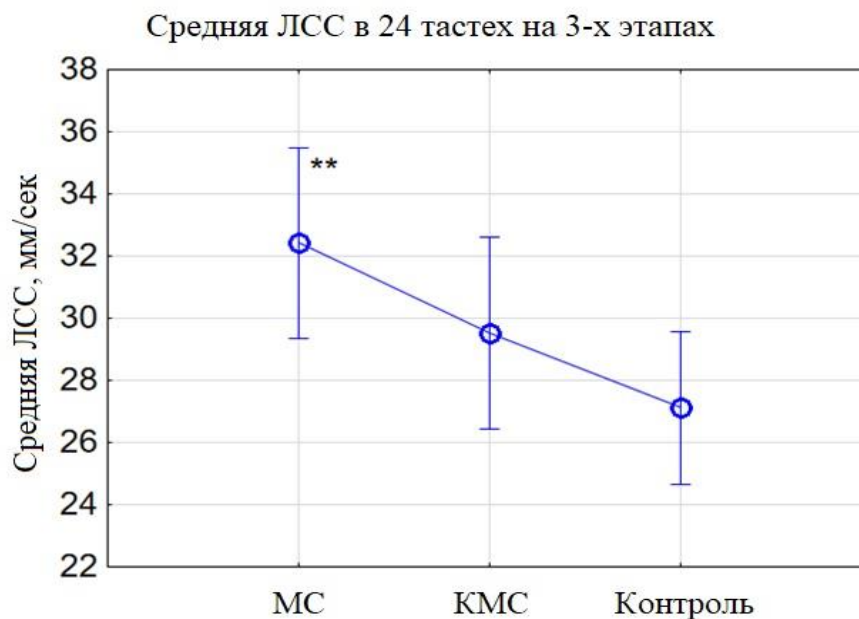
О – $p < 0,05$ vs Октябрь

Рисунок 12 – Стабилографические показатели устойчивости позы в тесте со зрительной обратной связью с масштабами увеличения смещений ОЦД в 32 раза (ЗОС32): (а) – динамика ELLS в группах; (б) – динамика ЛСС в группах



**/*' – $p < 0,01/0,1$ vs группой «Контроль»

Рисунок 13 – Средняя ELLS в 24 тестах на 3 этапах измерений в течение соревновательного сезона



** – $p < 0,01$ vs группой «Контроль»

Рисунок 14 – Средняя ЛСС в 24 тестах на 3 этапах измерений в течение соревновательного сезона.

Тест на пределы устойчивости у эстетических гимнасток. Для оценки пределов отклонения тела в вертикальной позе без отрыва стоп от опоры мы

провели тестирование пределов устойчивости в конце соревновательного сезона. Гимнастки МС ($p=0,0001$) и КМС ($p=0,018$) обладали большими пределами отклонения вертикального тела в передне-заднем направлении (Таблица 8), без существенных отличий от пределов боковых отклонений.

Таблица 8 – Пределы устойчивости у эстетических гимнасток в апреле соревновательного сезона

Показатели	МС (n=12)	КМС (n=12)	ГК (n=14)	ANOVA
	М±Стд. Отк.	М±Стд. Отк.	М±Стд. Отк.	p
Smax, мм ²	20559,3±4004,8 *	19850,7±3928,3*'	17298,1±2517,9	0,061
L(Ur+Dn), мм	209,5±12,6 **	201,4±19,7 *	186,3±12,8	0,002
L(Rt+Lf), мм	195,7±32,6	196,9±33,2	185,8±24,3	0,597
СоцДОГ, % Smax	1,1±0,8	0,9±0,6	0,9±0,4	0,462
СоцЗГ, %Smax	2,1±1,1	1,5±0,9	1,5±0,6	0,167

П р и м е ч а н и я:

- 1) *' - $p < 0,1$ vs группой «Контроль»;
- 2) * - $p < 0,05$ vs группой «Контроль»;
- 3) ** - $p < 0,01$ vs группой «Контроль»;
- 4) СоцДОГ - % процент ELLS в стойке на СТП с ОГ от Smax;
- 5) СоцЗГ - % процент ELLS в стойке на СТП с ЗГ от Smax.

Корреляционный анализ Пирсона между пределами устойчивости с показателями стресса, антропометрии и поструральной устойчивости в общей группе не выявил существенных корреляций с показателями стресса и длиннотными показателями (Таблица 9). Однако L(Ur+Dn) отрицательно коррелировал с обхватами голени, бедра, бёдер, талии, индексами эндоморфии и мезоморфии, массой тела и, особенно, ИМТ (Таблица 9; Рис. 15.). Эти корреляции указывают, что высокие пределы устойчивости в тесте на отклонение вперёд и назад у эстетических гимнасток МС могли быть обусловлены меньшей массой тела и ИМТ и её распределением.

Однако никаких существенных корреляций между показателями пределов устойчивости позы с показателями поструральной устойчивости не выявлено, что указывает на различные виды пострурального равновесия, определяемые в тестах, где требуется сохранять неподвижную позу на разных опорах, и в динамическом тесте на максимальное отклонение вертикальным телом в различные стороны.

Таблица 9 – Корреляция (Спирмена) показателей пределов устойчивости позы с показателями стресса, антропометрии, компонентов состава тела и поструральной устойчивости у эстетических гимнасток в апреле соревновательного сезона (N=38)

Показатели	Smax, мм ²	L(Up+Dn), мм	L(Rt+Lf), мм
SI, отн. ед	0,02	-0,09	0,08
LF/HF, усл. ед	-0,13	-0,28	0,00
Общий стресс, балл	-0,18	-0,07	-0,20
Общее восстановление, балл	0,23	0,24	0,15
Спортивный стресс, балл	0,03	0,05	0,00
Спорт восстановление, балл	0,18	0,19	0,14
RMSSD, мс	-0,06	0,11	-0,15
Общий стресс, балл	-0,18	-0,07	-0,20
Мощность TP, мс	-0,10	-0,04	-0,12
SDNN, мс	-0,07	0,11	-0,17
СРПВ, м/с	-0,22	-0,09	-0,26
Длина тела, см	-0,12	-0,02	-0,14
Массой тела, кг	-0,39*	-0,39*	-0,27
ИМТ, кг/м ²	-0,40*	-0,46**	-0,24
Длина голени, см	0,04	0,09	-0,01
Длина бедра, см	-0,13	-0,06	-0,13
Длина ноги, см	-0,05	0,02	-0,08
Длина туловища, см	-0,21	-0,15	-0,20
Длина корпуса, см	-0,15	-0,08	-0,16
Обхват голени, см	-0,27	-0,32*	-0,14
Обхват бедра, см	-0,43**	-0,38*	-0,32*
Обхват бёдер, см	-0,38*	-0,37*	-0,27
Обхват талии, см	-0,25	-0,36*	-0,11
Ширина таза, см	-0,01	-0,04	0,02

Окончание таблицы 9 – Корреляция (Спирмена) показателей пределов устойчивости позы с показателями, стресса, антропометрии, компонентов состава тела и постральной устойчивости у эстетических гимнасток в апреле соревновательного сезона (N=38)

Показатели	Smax, мм ²	L(Up+Dn), мм	L(Rt+Lf), мм
Сагиттальный диаметр грудной клетки, см	-0,31	-0,32	-0,26
Поперечный диаметр грудной клетки, см	0,05	0,04	0,06
Ширина плеч, см	0,21	0,18	0,16
Эндоморфия, усл. ед	-0,30	-0,34*	-0,18
Мезоморфия, усл. ед	-0,25	-0,37*	-0,10
Эктоморфия, усл. ед	0,33*	0,40*	0,18
Поверхность тела, м ²	-0,35*	-0,43*	-0,19
Относительная жировая масса, %	-0,29	-0,27	-0,23
Относительная мышечная масса, %	0,11	0,03	0,14
Относительная костная масса, %	0,38*	0,33*	0,28
ELLS-СТП-ОГ, мм ²	-0,27	-0,02	-0,35*
ELLS-СТП-ЗГ, мм ²	0,07	0,22	-0,04
ELLS-ЗОС2, мм ²	-0,13	-0,02	-0,15
ELLS-ЗОС32, мм ²	-0,17	0,00	-0,23
ELLS-ППф-ОГ, мм ²	-0,04	0,18	-0,16
ELLS-ППф-ЗГ, мм ²	-0,12	-0,12	-0,06
ELLS-ППс-ОГ, мм ²	-0,15	-0,03	-0,15
ELLS-ППс-ЗГ, мм ²	-0,02	0,10	-0,08
ЛСС-СТП-ОГ, мм/сек	0,04	0,24	-0,10
ЛСС-СТП-ЗГ, мм/сек	0,06	0,26	-0,08
ЛСС-ЗОС2, мм/сек	-0,19	-0,08	-0,19
ЛСС-ЗОС32, мм/сек	-0,21	-0,08	-0,22
ЛСС-ППф-ОГ, мм/сек	0,03	-0,05	0,08
ЛСС-ППф-ЗГ, мм/сек	-0,02	-0,08	0,04
ЛСС-ППс-ОГ, мм/сек	-0,05	-0,07	0,00
ЛСС-ППс-ЗГ, мм/сек	-0,07	-0,01	-0,07

Примечание – */** - p<0,05/0,01.

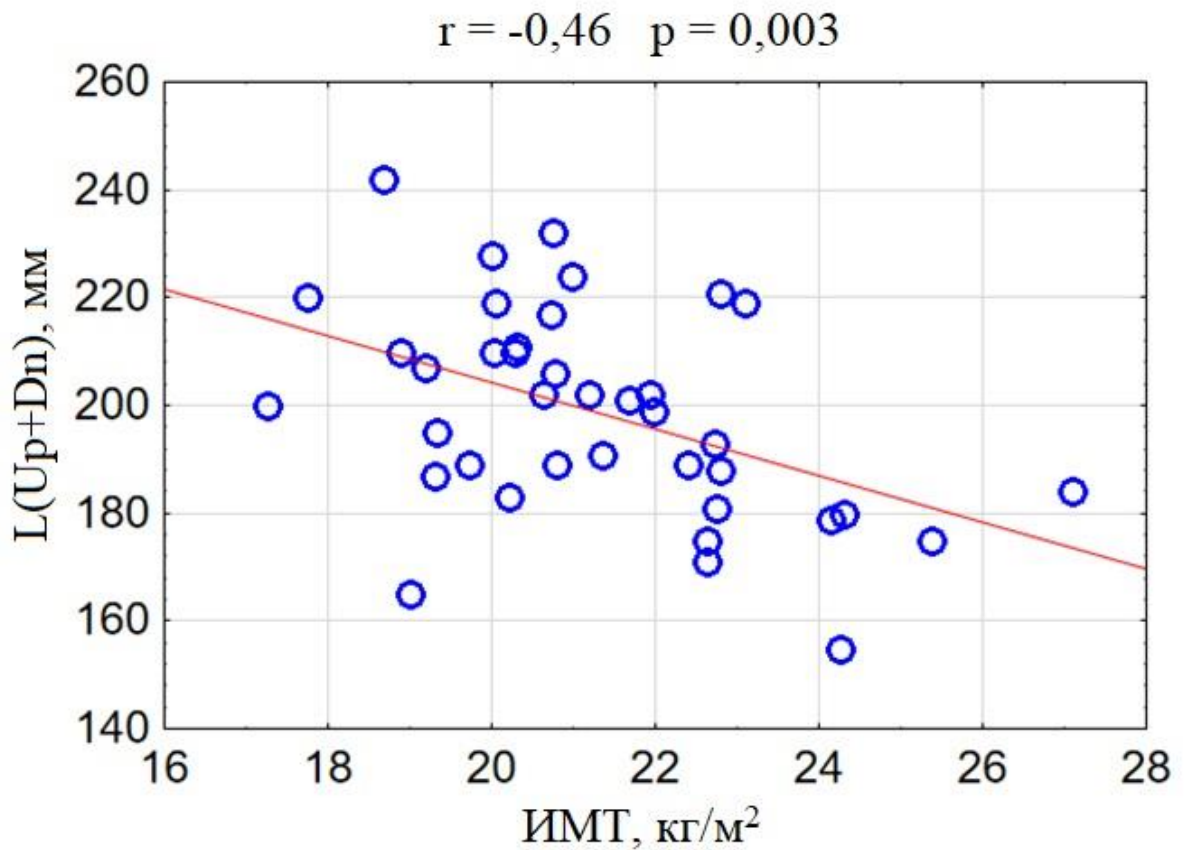


Рисунок 15 – Корреляция Спирмена отклонения в передне-заднем направлении $L(Up+Dn)$ с индексом массы тела (ИМТ) ($r=-0,46$; $p=0,003$)

Резюме. Анализ поструральной устойчивости у эстетических гимнасток в течение соревновательного сезона позволяет выделить следующие основные результаты.

1. Устойчивость вертикальной позы у эстетических гимнасток МС была в среднем ниже, чем у девушек ГК. В частности, площадь колебаний ОЦД у гимнасток МС была повышена в начале и конце сезона в обычной стойке на стабиллоплатформе с ЗГ; а также в начале сезона (октябре) в стойках на фронтальном и сагиттальном пресс-папье с ЗГ. Кроме того, повышенная ELLS наблюдалась в тесте со зрительной обратной связью большого масштаба, при увеличении амплитуды колебаний в 32 раза.

2. Существенные различия отсутствовали во всех стойках с открытыми глазами, но, напротив, были значимы при закрытых глазах, что указывает на важный вклад зрительной информации для регуляции позы.

3. Устойчивость позы в статических тестах с закрытыми глазами у спортсменок МС была снижена. Однако в течение сезона проявилась положительная динамика в стойке на ППф с ЗГ, а также в тесте с ЗОС32: устойчивость позы в этих тестах возрастала к концу сезона. Положительная динамика устойчивости позы от начала к концу сезона в группе наиболее квалифицированных спортсменок характерна только для результатов тестов, исключая работу зрительного анализатора при фронтальной лабильности опоры (ППф с ЗГ), или сбивающих нормальную настройку зрительной афферентации (ЗОС 32).

4. Динамическое равновесие в тесте на пределы устойчивости при максимальном отклонении тела вперёд и назад у гимнасток МС и КМС было повышено. Высокие пределы устойчивости у гимнасток были связаны с меньшими массой и ИМТ спортсменок МС.

5. Гимнастки КМС практически не отличались от ГК по показателям устойчивости позы, только в стойке на ППф с ЗГ ELLS у КМС была повышена и улучшалась к концу сезона (апрель).

3.2 Динамика антропометрических показателей в течение соревновательного сезона у эстетических гимнасток

3.2.1 Динамика длиннотных антропометрических показателей тела у эстетических гимнасток.

Статистически достоверных различий по длиннотным размерам тела между группами МС, КМС и ГК не выявлено (Таблица 10). Кроме того, длиннотные размеры не изменялись в группах в течение соревновательного сезона.

Таблица 10 – Динамика длиннотных показателей в течение соревновательного сезона у эстетических гимнасток

Показатели	МС (n=12)	КМС (n=12)	ГК (n=14)	ANOVA
	М±Стд. Отк.	М±Стд. Отк.	М±Стд. Отк.	p
Длина тела, см				
октябрь 2023 г	163,7±3,9	164,5±4,7	165,1±5,1	0,745
январь 2024 г	163,7±3,8	164,7±4,9	165,2±5	0,735
апрель 2024 г	163,8±3,7	165,1±4,6	165,1±4,9	0,706
Длина корпуса, см				
октябрь 2023 г	73,5±2,6	73,3±1,4	74,2±2,1	0,531
январь 2024 г	73,6±2,4	73,5±1,4	74,3±2	0,569
апрель 2024 г	73,5±2,4	73,8±1,2	74,2±2	0,632
Длина туловища, см				
октябрь 2023 г	49,4±2,3	48,5±1,7	50,3±2,7	0,155
январь 2024 г	49,4±2,3	48,5±1,7	50,3±2,7	0,155
апрель 2024 г	49,5±2,3	48,8±1,6	50,3±2,7	0,256
Длина руки, см				
октябрь 2023 г	72±2,3	71,3±2,9	71±3,9	0,741
январь 2024 г	72±2,3	71,3±2,9	71±3,9	0,741
апрель 2024 г	71,9±2,3	71,3±2,9	71±3,9	0,779
Длина плеча, см				
октябрь 2023 г	32,8±2	31,9±2	31,5±1,7	0,177
январь 2024 г	32,8±2	31,9±2	31,5±1,7	0,177
апрель 2024 г	32,8±2	31,9±2	31,5±1,7	0,219
Длина предплечья, см				
октябрь 2023 г	22,2±1,8	22,5±0,8	22,6±1,4	0,783
январь 2024 г	22,2±1,8	22,5±0,8	22,6±1,4	0,783
апрель 2024 г	22,2±1,8	22,5±0,8	22,6±1,4	0,643
Длина кисти, см				
октябрь 2023 г	16,9±0,6	17±0,8	16,9±2,2	0,994
январь 2024 г	16,9±0,6	17±0,8	16,9±2,2	0,994
апрель 2024 г	16,9±0,7	17±0,8	16,9±2,2	0,992
Длина ноги, см				
октябрь 2023 г	90,1±2,5	91,2±4	90,9±3,8	0,765
январь 2024 г	90,1±2,5	91,2±4	90,9±3,8	0,765
апрель 2024 г	90,3±2,4	91,3±4	90,9±3,8	0,787
Длина бедра, см				
октябрь 2023 г	46,3±2	46,7±2,1	46,9±2,5	0,842
январь 2024 г	46,3±2	46,7±2,1	46,9±2,5	0,842
апрель 2024 г	46,2±2,1	46,9±2	46,9±2,5	0,709
Длина голени, см				
октябрь 2023 г	36,4±1,3	36,9±2,2	36,6±2,4	0,800
январь 2024 г	36,4±1,3	36,9±2,2	36,6±2,4	0,800
апрель 2024 г	36,6±1,3	36,9±2,2	36,6±2,4	0,948

П р и м е ч а н и я:

- 1) МС – спортсменки со званием «Мастер спорта»;
- 2) КМС – спортсменки с разрядом «Кандидат в мастер спорта»;
- 3) ГК – группа «Контроль».

3.2.2 Динамика поперечных, продольных и широтных размеров тела у эстетических гимнасток высокой квалификации.

Сравнение спортсменок-гимнасток с ГК выявило следующие различия (Таблица 11). Чем выше был уровень спортивной квалификации, тем больше ширина плеч (у МС: 37 см $p < 0,01$ vs ГК; у КМС: 36,7 см $p < 0,05$ vs ГК; в ГК: 35,7 см), меньше сагиттальный диаметр грудной клетки (у МС: 14,4 см $p < 0,01$ vs ГК; у КМС: 14,6 см $p < 0,01$ vs ГК; в ГК: 16,1 см); тоньше диаметры дистального эпифиза плеча (у МС: 6,0 см $p < 0,05$ vs ГК; у КМС: 6,1 см $p < 0,05$ vs ГК; в ГК: 6,5 см), дистального эпифиза бедра (у МС: 8,8 см $p < 0,01$ vs ГК; у КМС: 9,2 см $p > 0,05$ vs ГК; в ГК: 9,6 см) и дистального эпифиза голени (у МС: 6,2 см $p < 0,05$ vs ГК; у КМС: 6,3 см $p > 0,05$ vs ГК; в ГК: 6,5 см), без существенных различий в поперечном диаметре грудной клетки, эпифизе предплечья и ширине таза.

За полгода тренировок (октябрь-апрель) морфологические показатели у гимнасток не изменились. Следовательно, данные различия - результат многолетнего отбора особого уже сформированного конституционального типа телосложения. А также подтверждает факт завершения ростовых процессов, указывая на ошибку измерений, как основную причину всех изменений костных размеров в течение 7 месяцев наблюдения.

В целом, эстетические гимнастки высокой квалификации (особенно МС) обладают нормальной шириной таза, более широким плечевым поясом и более узкими дистальными эпифизами (суставами) плеч, бедра и голени по сравнению с ГК, при этом сохраняя уплощенную в сагиттальной плоскости грудную клетку. Наиболее существенными отличиями между группами были большая ширина плеч (ANOVA $p = 0,007$) и уплощенная (сагиттально-суженная) грудная клетка (ANOVA $p = 0,001$). По этим размерам по данным ANOVA выявлены наиболее значимые различия между тремя группами. Также, прослеживается зависимость: "ГК $\rightarrow$ КМС $\rightarrow$ МС", где МС имеют самые "крайние" значения (самые широкие плечи, самые плоские грудные клетки, самые тонкие суставы).

Это говорит о наличии у эстетических гимнасток МС особого специфического телосложения, которое, вероятно, является результатом отбора и специфической долговременной адаптации вследствие тренировочных нагрузок в этом виде спорта (при этом полученные результаты могут служить ориентиром для отбора спортсменок в данном виде спортивной деятельности).

Таблица 11 – Костные (поперечные, продольные и широтные) размеры тела у эстетических гимнасток высокой квалификации

Показатели	МС (n=12)	КМС (n=12)	ГК (n=14)	ANOVA
	М±Стд. Отк.	М±Стд. Отк.	М±Стд. Отк.	p
Ширина плеч, см				
октябрь 2023 г	37±1,6 **	36,7±1,5 *	35,7±1,4	0,083
январь 2024 г	37±1,6 **	36,7±1,5 *	35,7±1,4	0,085
апрель 2024 г	37±1,6 **	36,7±1,5 *	35,7±1,4	0,076
Поперечный диаметр грудной клетки, см				
октябрь 2023 г	24,7±1,3	24,4±1,2	24,2±1,5	0,559
январь 2024 г	24,7±1,3	24,4±1,2	24,2±1,5	0,657
апрель 2024 г	24,7±1,3	24,4±1,2	24,2±1,5	0,839
Сагиттальный диаметр грудной клетки, см				
октябрь 2023 г	14,4±1,1 **	14,6±1,1 **	16,1±1,2	0,005
январь 2024 г	14,4±1,1 **	14,6±1,1 **	16,1±1,2	0,004
апрель 2024 г	14,4±1,1 **	14,6±1,1 **	16,1±1,2	0,010
Ширина таза, см				
октябрь 2023 г	27,1±1	26,9±1	27,5±1,5	0,826
январь 2024 г	27,1±1	26,9±1	27,5±1,5	0,502
апрель 2024 г	27,1±1	26,9±1	27,5±1,5	0,334
Диаметр дистального эпифиза плеча, см				
октябрь 2023 г	6±0,3 *	6,1±0,3 *	6,5±0,7	0,029
январь 2024 г	6±0,3 *	6,1±0,3 *	6,5±0,7	0,027
апрель 2024 г	6±0,3 *	6,1±0,3 *	6,5±0,7	0,030
Диаметр дистального эпифиза предплечья, см				
октябрь 2023 г	4,7±0,3	4,8±0,2	4,9±0,2	0,148
январь 2024 г	4,7±0,3	4,8±0,2	4,9±0,2	0,124
апрель 2024 г	4,7±0,3	4,8±0,3	4,9±0,3	0,160
Диаметр дистального эпифиза бедра, см				
октябрь 2023 г	8,8±0,7 **	9,2±0,5	9,6±1	0,054
январь 2024 г	8,8±0,7 **	9,2±0,5	9,6±1	0,060
апрель 2024 г	8,8±0,6 **	9,2±0,5	9,6±0,9	0,052
Диаметр дистального эпифиза голени, см				
октябрь 2023 г	6,2±0,3 *	6,3±0,2	6,5±0,2	0,150
январь 2024 г	6,2±0,2 *	6,3±0,3	6,5±0,3	0,162
апрель 2024 г	6,2±0,3 *	6,3±0,4	6,5±0,2	0,276

Примечание – */** - p < 0,05/0,01 vs группой «Контроль».

3.2.3 Динамика обхватных размеров тела у эстетических гимнасток высокой квалификации в течение соревновательного сезона

Сравнение спортсменок-гимнасток с ГК выявило следующие различия (Таблица 12). У эстетических гимнасток группы МС выявлены меньшие обхватные размеры конечностей: предплечья (у МС: 22-22,2 см $p < 0,05$ vs ГК; у КМС: 22,5 см $p = \text{нд}$ vs ГК; в ГК: 23,4 см), бедра (у МС: 57,7-57,3 см $p < 0,05$ vs ГК; у КМС: 59,7-59,4 см $p = \text{нд}$ vs ГК; в ГК: 63-62,1 см), и бёдер (у МС: 91,5-92,6 см $p < 0,05$ vs ГК; у КМС: 93,8-95,4 см $p = \text{нд}$ vs ГК; в ГК: 98,5-99,9 см), при сопоставимых обхватных размерах грудной клетки, экскурсия грудной клетки, экскурсия плеча, обхват талии и голени между группами не различались ($p > 0,10$). Наибольшие различия выявлены по обхватам предплечья (гимнастки имели меньшие размеры: МС ≈ 22 см, КМС $\approx 22,5\text{--}22,7$ см vs ГК $\approx 23,4\text{--}23,5$ см) и бедра. Умеренная дифференцирующая особенность выявлена по обхвату бёдер - значимые различия у МС в октябре-январе, но только тенденция к меньшим значениям выявлена в апреле, разница составила $\sim 5\text{--}6$ см.

Изменений в обхватных размерах за 6 месяцев наблюдения не выявлены у МС, однако в группе КМС отмечалось существенное увеличение обхвата талии ($p < 0,05$), обхвата бёдер ($p < 0,01$) и обхвата голени ($p < 0,01$). В ГК значимых изменений не выявлено.

Таким образом, профиль обхватных размеров тела эстетических гимнасток характеризуется меньшими обхватами на верхних и нижних конечностях (предплечье, бёдер, бедра) при сопоставимых размерах туловища. Различия между МС и КМС минимальны - обе группы близки по антропометрическим показателям. В течение полугода наблюдения выявлены тенденции к приросту обхватов талии, бёдер и голени, особенно в группе КМС.

Таблица 12 – Обхватные размеры тела у эстетических гимнасток высокой квалификации

Показатели	МС (n=12)	КМС (n=12)	ГК (n=14)	ANOVA
	М±Стд. Отк.	М±Стд. Отк.	М±Стд. Отк.	p
Обхват грудной клетки в спокойном состоянии, см				
октябрь 2023 г	82,2±2,6	83,2±3,1	84,4±5,6	0,389
январь 2024 г	82,2±2,9	83,3±4	84,3±5,4	0,454
апрель 2024 г	82,4±3,1	83,5±3,6	84,4±4,3	0,376
Обхват грудной клетки при максимальном вдохе, см				
октябрь 2023 г	87,4±2,45	88,7±3,5	90±5,2	0,233
январь 2024 г	88,7±2,9	89,8±4,4	90,3±4,9	0,600
апрель 2024 г	88,6±2,8	89,4±3,9	90,5±4,8	0,474
Обхват грудной клетки при максимальном выдохе, см				
октябрь 2023 г	79,1±3	80,5±3,7	81,9±5,8	0,290
январь 2024 г	79,9±3,1	81,7±3,6	82,4±5,4	0,299
апрель 2024 г	80,1±3,1	81,4±3,4	82±4,3	0,402
Экскурсия грудной клетки, см				
октябрь 2023 г	8,3±1,2	8,2±1,6	8,2±1,7	0,982
январь 2024 г	8,8±1,5	8,1±1,8	7,9±1,3	0,266
апрель 2024 г	8,5±1,4	8±1,5	8,4±1,9	0,752
Обхват плеча в напряженном состоянии, см				
октябрь 2023 г	25,8±2,2	26,6±1,4	27,7±3,3	0,161
январь 2024 г	26±2,3	26,9±1,8	27,7±3,1	0,212
апрель 2024 г	26,2±2,1	27,1±1,7	27,6±2,9	0,279
Обхват плеча в расслабленном состоянии, см				
октябрь 2023 г	24,7±2,3	25,6±1,6	26,7±3,4	0,138
январь 2024 г	24,7±2,1	25,6±1,6	26,7±3,2	0,105
апрель 2024 г	25,2±2,9	26,2±1,8	26,8±2,9	0,202
Экскурсия плеча, см				
октябрь 2023 г	1,2±0,4	1±0,5	1±0,4	0,435
январь 2024 г	1,3±0,5 *	1,4±0,5 *	0,9±0,3	0,050
апрель 2024 г	1±0,3	1±0,3	0,8±0,3	0,118
Обхват предплечья, см				
октябрь 2023 г	22±1,3 **	22,5±1,2	23,5±1,5	0,019
январь 2024 г	22,2±1,4 *	22,5±1,2	23,4±1,5	0,076
апрель 2024 г	22,2±1,4 *	22,7±1,4	23,4±1,5	0,088
Обхват талии, см				
октябрь 2023 г	68,1±3,6	68,7±4,6	72,1±8,7	0,234
январь 2024 г	67,2±3,6	68,6±4,8	72,4±8,6	0,112
апрель 2024 г	68±3,3	70,0±4,4 о	72,4±7,8	0,178
Обхват бёдер, см				
октябрь 2023 г	91,5±5,3 *	93,8±5,3	98,6±7,33	0,021
январь 2024 г	91,6±4,9 *	94,8±6,1	98,5±7,03	0,030
апрель 2024 г	92,6±4,6 *	95,4±6,0 оо	99,1±7,77	0,049
Обхват бедра, см				
октябрь 2023 г	57,7±3,6 *	59,7±3,8	63,0±6,3	0,033
январь 2024 г	57±4,1 *	59,6±4,4	62,4±6,6	0,048
апрель 2024 г	57,3±3,4 *	59,4±4,1	62,1±5,6	0,047

Окончание таблицы 12 – Обхватные размеры тела у эстетических гимнасток высокой квалификации

Показатели	МС (n=12)	КМС (n=12)	ГК (n=14)	ANOVA
	М±Стд. Отк.	М±Стд. Отк.	М±Стд. Отк.	p
Обхват голени, см				
октябрь 2023 г	35,1±2,6	35,5±2	36,6±2,5	0,256
январь 2024 г	34,9±2,7	35,7±2,2	36,3±2,6	0,368
апрель 2024 г	35,2±2,5	36,1±2 оо	36,6±2,7	0,332

П р и м е ч а н и я:

- 1) */** - $p < 0,05/0,01$ vs группой «Контроль»;
- 2) о/оо – $p < 0,05/0,01$ vs Октябрь.

3.2.4 Динамика жирового, мышечного и костного компонентов состава тела по Й. Матейке и индексов соматотипа по схеме Хит-Картера в течение соревновательного сезона у эстетических гимнасток

Группы спортсменок не отличались от ГК по длине тела, однако масса тела и ИМТ были снижены у спортсменок МС ($p < 0,05$ для массы тела и ИМТ) и КМС в октябре ($p < 0,1$ для массы тела и ИМТ. Таблица 14). К концу сезона, в апреле, масса тела и ИМТ увеличивались у МС относительно значений, полученных в октябре и январе (оба $p < 0,05$). У гимнасток КМС увеличение массы тела и ИМТ в апреле было менее существенным ($p < 0,1$).

Увеличение массы тела у МС и КМС происходило, в основном, за счёт жировой массы тела. У гимнасток МС жировая масса в абсолютном и относительном значении была систематически снижена по сравнению с ГК во всех месяцах сезона ($p < 0,01$). Существенный прирост жировой массы у МС произошёл к апрелю относительно октября ($p < 0,05$) и января ($p < 0,05$). Жировая масса у спортсменок КМС была также ниже, чем в ГК в октябре ($p < 0,05$) и существенно увеличивалась к апрелю относительно октябрьского измерения ($p < 0,05$). В группе ГК жировая масса также прирастала к апрелю относительно октября ($p < 0,05$) и января ($p < 0,05$). Прирост жировой массы у МС был связан с

увеличением кожно-жировой складки на плече сзади ($p<0,005$; Таблица 13), над подвздошно-остистым гребнем ($p<0,05$) и на бедре ($p<0,05$), в других местах прирост был несущественным. В группе КМС за соревновательный сезон отмечалось увеличение КЖС на спине ($p<0,05$), животе ($p<0,05$) и голени ($p<0,05$), а в ГК КЖС утолщалась на спине ($p<0,05$); в других участках тела прирост был несущественным (Таблица 13).

У МС, кроме меньшей жировой массы, отмечалась меньшая абсолютная костная масса, без отличий по относительной костной массе. Девушки КМС не отличались по костной и мышечной массе от ГК в течение всего сезона. Абсолютная мышечная масса у гимнасток МС была ниже ($p<0,05$), чем у девушек ГК, более существенно в октябре ($p<0,05$), но отличия были на уровне тенденции ($p<0,1$) в январе и апреле. Доля (в %) мышечной массы во всех группах снижалась к апрелю по сравнению с октябрём.

Расчётные индексы соматотипа по Хит-Картеру различались между группами. Индекс эндоморфии у МС был систематически ниже ($p<0,01$), чем в ГК, хотя и увеличивался к апрелю относительно января ($p<0,01$), что согласуется с динамикой общей массы, жировой массы и кожных складок. Тенденция к меньшей эндоморфии отмечена у КМС в октябре, но в связи с приростом жировой массы различия нивелировались относительно ГК в январе и апреле. Уровень мезоморфии был снижен у гимнасток МС во все периоды наблюдения (все $p<0,05$) относительно ГК, а также у гимнасток КМС относительно ГК, но - в меньшей мере (за исключением октября ($p<0,05$) все $p<0,1$). Достоверных изменений индекса мезоморфии ни в одной из групп не установлено. Напротив, индекс эктоморфии был выше у гимнасток МС в октябре ($p<0,05$) и в январе ($p<0,05$), а в апреле уровень достоверности различий снизился до уровня тенденции ($p<0,1$). Тогда как тенденция к повышенной эктоморфии отмечалась также у гимнасток КМС ($p<0,05$), но только в октябре.

Таблица 13 – Показатели кожно-жировых складок у эстетических гимнасток высокой квалификации

Показатели	МС (n=12)	КМС (n=12)	ГК (n=14)	ANOVA
	М±Стд. Отк.	М±Стд. Отк.	М±Стд. Отк.	p
Кожно-жировая складка на спине, мм				
октябрь 2023 г	8,2±1,83	9,3±1,7	10,0±3,35	0,202
январь 2024 г	8,0±2,00	9,7±1,9	10,1±3,43	0,135
апрель 2024 г	8,3±1,84	9,8±2,1 о	10,5±4,23 о	0,223
Кожно-жировая складка на плече спереди, мм				
октябрь 2023 г	4,8±1,48 *	5,1±1,1 *	7,1±3,08	0,025
январь 2024 г	4,6±1,50 *	5,4±1,2	7,0±3,07	0,025
апрель 2024 г	4,7±1,56 *	5,5±1,2	7,1±3,17	0,031
Кожно-жировая складка на плече сзади, мм				
октябрь 2023 г	11,4±3,93 *	12,8±3,8	15,9±5,01	0,036
январь 2024 г	11,1±3,06 **	13,6±4,4	16,4±4,76	0,012
апрель 2024 г	13,0±4,17 * оо я	13,2±3,7 *	16,7±4,41	0,047
Кожно-жировая складка на предплечье, мм				
октябрь 2023 г	6,4±2,00	6,6±1,1	7,5±2,10	0,263
январь 2024 г	6,3±1,88	6,6±1,2	7,5±2,09	0,229
апрель 2024 г	6,6±2,13	6,9±1,4	7,8±2,36	0,317
Кожно-жировая складка на животе, мм				
октябрь 2023 г	9,5±4,66 **	11,7±3,3 *	18,2±8,12	0,002
январь 2024 г	9,8±4,23 **	12,5±3,1 *	18,4±8,03	0,002
апрель 2024 г	10,5±4,13 **	13,5±3,6 * о	19,0±8,26	0,004
Кожно-жировая складка на верхней части подвздошно-остистого гребня, мм				
октябрь 2023 г	9,1±4,11 *	11,6±4,2	15,8±7,63	0,020
январь 2024 г	8,9±2,80 * ^	12,5±4,3	14,6±7,47	0,046
апрель 2024 г	10,4±4,03 * о	12,4±4,2	15,4±7,21	0,082
Кожно-жировая складка на бедре, мм				
октябрь 2023 г	15,5±4,50 **	17,9±3,9	20,2±4,58	0,038
январь 2024 г	16,0±5,25 *	18,1±3,9	20,2±4,63	0,084
апрель 2024 г	17,2±5,54 *о	18,6±3,6	21,8±6,81	0,119
Кожно-жировая складка на голени, мм				
октябрь 2023 г	9,4±5,79 *	9,2±2,9 *	13,9±5,63	0,031
январь 2024 г	10,0±4,40 *'	9,6±3,4 *	14,0±5,64	0,041
апрель 2024 г	10,1±5,48 *	10,8±3,5 * о	14,9±5,90	0,044

Примечания:

*'/** - $p < 0,1/0,05/0,01$ vs группой «Контроль»;

^ - $p < 0,05$ vs КМС;

о/оо - $p < 0,05/0,01$ vs Октябрь.

Таблица 14 – Динамика жирового, мышечного и костного компонентов состава тела по Й. Матейке у эстетических гимнасток высокой квалификации

Показатели	МС (n=12)	КМС (n=12)	ГК (n=14)	ANOVA
	М±Стд. Отк.	М±Стд. Отк.	М±Стд. Отк.	p
Масса тела, кг				
октябрь 2023 г	53,8±5,6 *	56,1±6,1 *'	62,1±11,1	0,043
январь 2024 г	53,7±5,8 *	56,9±6,7	61,6±11,1	0,077
апрель 2024 г	55±6,1 * о я	57,5±6,4 о	62,3±11,01	0,103
Длина тела, см				
октябрь 2023 г	163,7±3,9	164,5±4,7	165,1±5,1	0,745
январь 2024 г	163,7±3,8	164,7±4,9	165,2±5	0,735
апрель 2024 г	163,8±3,7	165,1±4,6	165,1±4,9	0,706
Индекс массы тела, кг/кв.м.				
октябрь 2023 г	20,0±1,7 *	20,7±1,8 *'	22,7±3,6	0,037
январь 2024 г	20,0±1,7 *	20,9±1,9	22,5±3,6	0,062
апрель 2024 г	20,5±1,61 * о я	21,1±1,9 о'	22,8±3,6	0,078
Поверхность тела, м ²				
октябрь 2023 г	1,5±0,04 *	1,5±0,05	1,6±0,1	0,059
январь 2024 г	1,5±0,04 *	1,5±0,05	1,6±0,1	0,093
апрель 2024 г	1,5±0,04 *' о я	1,5±0,1	1,6±0,1	0,134
Жировая масса тела (абсолютное значение) кг				
октябрь 2023 г	9,3±3,3 **	10,5±2,2 *	14,1±5,4	0,014
январь 2024 г	9,5±3 **	10,9±2,3 *'	14,1±5,4	0,016
апрель 2024 г	10,1±3,54 ** о я	11,5±2,5 * оо я	14,9±6,2 о	0,034
Жировая масса тела (относительное значение) %				
октябрь 2023 г	17,0±4,6 **	18,5±2,5 *	22,1±4,5	0,008
январь 2024 г	17,3±4 **	19,0±2,6 *	22,4±4,5	0,007
апрель 2024 г	18,0±4,5 **	19,8±2,8 * оо	23,3±5,4 о	0,017
Мышечная масса тела (абсолютное значение) кг				
октябрь 2023 г	27,1±2,8 *	28,7±2,8	30,5±4,3	0,059
январь 2024 г	26,8±3,14 *	28,6±3	30,1±4,4	0,086
апрель 2024 г	26,9±2,7 *'	28,5±2,8	29,6±3,8	0,129
Мышечная масса тела (относительное значение) %				
октябрь 2023 г	50,5±2,3	51,3±2,6	49,5±2	0,139
январь 2024 г	49,8±1,4	50,4±2,1	49,1±2,3	0,302
апрель 2024 г	49,0±1,7 о	49,6±1,7 о	48,0±3,4 о	0,264
Костная масса тела (абсолютное значение) кг				
октябрь 2023 г	8,2±0,95 *	8,5±1,1 *'	9,4±1,5	0,054
январь 2024 г	8,2±0,95 *	8,7±0,8	9,4±1,6	0,047
апрель 2024 г	8,2±0,99 *	8,5±0,8	9,3±1,2	0,032
Костная масса тела (относительное значение) %				
октябрь 2023 г	15,3±1,28	15,2±1,4	15,2±1,01	0,975
январь 2024 г	15,3±0,96	15,4±1,2	15,4±1,10	0,943
апрель 2024 г	14,9±1,07	14,9±1,4	15,0±1,09	0,971
Индекс эндоморфии усл. Ед				
октябрь 2023 г	3,0±0,97 **	3,5±0,8 *'	4,3±1,3	0,017
январь 2024 г	2,9±0,75 **	3,7±0,9	4,2±1,3	0,014
апрель 2024 г	3,3±0,89 * о я	3,7±0,9	4,4±1,3	0,053

Окончание таблицы 14 – Динамика жирового, мышечного и костного компонентов состава тела по Й. Матейке у эстетических гимнасток высокой квалификации

Показатели	МС (n=12)	КМС (n=12)	ГК (n=14)	ANOVA
	М±Стд. Отк.	М±Стд. Отк.	М±Стд. Отк.	p
Индекс мезоморфии усл. Ед				
октябрь 2023 г	3,6±1,1 *	3,8±1,1 *	4,9±1,9	0,067
январь 2024 г	3,6±1,1 *	4,0±0,9 *'	4,9±1,8	0,061
апрель 2024 г	3,6±0,8 *	4,0±0,7 *'	4,7±1,5	0,046
Индекс эктоморфии усл. Ед				
октябрь 2023 г	3,2±0,9 *	3,0±0,9 *'	2,2±1,4	0,055
январь 2024 г	3,2±0,9 *	2,8±0,9	2,3±1,3	0,090
апрель 2024 г	3,0±0,8 *' о я	2,7±1,0	2,1±1,3	0,135

Примечания:

- 1) */* - $p < 0,1/0,05$ vs группой «Контроль»;
- 2) о'о – $p < 0,1/0,05$ vs Октябрь;
- 3) я/яя – $p < 0,05/0,01$ vs Январь.

Резюме. Таким образом, можно отметить следующие основные результаты обследования морфологических показателей у гимнасток в течение соревновательного сезона.

1. Наибольшие различия в морфологических показателях выявлены между группами МС и ГК. Различия в паре КМС-МС не достигали значимых, а в сравнении КМС-ГК были немногочисленными. Главные отличия МС от ГК были следующие:

- *МС имеют меньшую массу тела и индекс массы тела за счёт жировой и костной масс тела. Мышечная масса тоже снижена, но менее существенно, а по относительной мышечной и костной массам различия между МС и ГК отсутствуют.*

- *МС имеют следующие индексы морфотипа (эндо-, мезо-, эктоморфии) в октябре: 3,0-3,6-3,2, что указывает на доминирование мезоморфии и эктоморфии тела эстетических гимнасток МС. У КМС морфотип: 3,5-3,8-3,0, что указывает на мезо-эндоморфность типа телосложения. В ГК в этот*

период морфотип выглядел, как 4,3-4,9-2,2, который можно охарактеризовать, как мезоморфно-эндоморфный тип телосложения. Таким образом, все группы обладали доминированием мышечного телосложения, но с повышенной эктоморфией у гимнасток МС.

2. Важной динамической особенностью в группах спортсменок, особенно в группе КМС, было накопление массы тела и ИМТ за счёт жировой массы, что проявлялось как увеличение эндоморфии, а также снижение относительной мышечной массы и, в целом, эктоморфии к концу соревновательного сезона.

3.2.5. Корреляция антропометрических и поструральных показателей у эстетических гимнасток

Для выявления связи устойчивости вертикальной позы с выявленными антропометрическими особенностями у гимнасток был проведен корреляционный анализ по Пирсону. Целевыми антропометрическими показателями были: мышечные, костные и жировые компоненты массы тела, индексы соматотипа по схеме Хит-Картера, а также ширина плеч, сагиттальный диаметр грудной клетки, диаметр дистального эпифиза бедра, диаметр эпифиза голени, обхваты бёдер и бедра ноги и ИМТ. Выбор этих антропометрических показателей обусловлен их различиями между группами МС и ГК. Корреляционный анализ выявил (Таблица 15), что в октябре уровень эктоморфии положительно коррелировал с ELLS-СТП-ЗГ ($r=0,39$; $p<0,05$) (Рис. 16), с ELLS-ППф-ЗГ ($r=0,49$; $p<0,01$) (Рис. 17) с ЛСС-ППф-ЗГ ($r=0,60$; $p<0,01$), но отрицательно с ЛСС-ППф-ОГ ($r=-0,45$; $p<0,05$) и с ELLS-ППф-ОГ ($r=-0,41$; $p<0,05$), что указывает на негативное влияние высокой эктоморфии у спортсменок на устойчивость позы в стойке на СТП с ЗГ, в стойке на ППс и ППф с ЗГ, но на положительное влияние эктоморфии на устойчивость в стойках на ППс с ОГ. Уровень мезоморфии (пониженный у МС в октябре) отрицательно коррелировал с ELLS-ППф-ЗГ ($r=-0,42$; $p<0,05$) и ЛСС-ППф-ЗГ

($r=-0,48$; $p<0,01$) и положительно – с ЛСС-ППс-ОГ ($r=0,42$; $p<0,05$). Корреляции индекса эндоморфии были схожими по знаку с корреляциями эктоморфии. Ширина плеч (повышенная у МС) положительно коррелировала с ELLS и ЛСС на ППф-ОГ. Обхваты бёдер, бедра и голени, а также ИМТ имели похожие по силе корреляции с ELLS и ЛСС в стойке на ППф-ЗГ ($r=-0,33$ - $r=-0,36$; $p<0,05$), указывающие на негативное влияние меньших обхватных размеров бёдер и голени, а также низкого ИМТ на устойчивость позы на ПП-ЗГ, но положительное в стойке с ОГ.

Корреляции этих антропометрических показателей со стабилографическими характеристиками устойчивости позы в январе и апреле изменились, во многих случаях корреляции стали несущественными. Отсутствие корреляций во втором и третьем наблюдении может быть обусловлено изменением двигательных-координационных способностей, психофизиологического стрессового состояния спортсменок, а также эффектом обучения в результате повторений тестов.

Выявленные изменения мышечного, костного и жирового компонентов состава тела, а также индексов соматотипа по Хит-Картеру за период с января по апрель не коррелировали с изменениями ELLS и ЛСС за этот же период.

Необходимо отметить, что антропометрические данные были связаны с показателями кистевой динамометрии, что позволяет объяснить низкие силовые способности у гимнасток. Так, максимальная сила кистевого сжатия коррелировала: 1) с уровнем мезоморфии в октябре ($r=0,42$; $p<0,05$ для правой кисти и $r=0,48$; $p<0,01$ для левой кисти), в январе ($r=0,35$; $p<0,05$ для правой кисти и $r=0,39$; $p<0,05$ для левой кисти), а также в апреле ($r=0,44$; $p<0,01$ для правой кисти и $r=0,43$; $p<0,01$ для левой кисти); 2) с уровнем эктоморфии в октябре ($r=-0,36$; $p<0,05$ для правой кисти и $r=-0,47$; $p<0,01$ для левой кисти), в январе ($r=-0,33$; $p<0,05$ для правой кисти и $r=-0,37$; $p<0,05$ для левой кисти), а также в апреле ($r=-0,39$; $p<0,05$ для правой кисти и $r=-0,49$; $p<0,01$ для левой кисти); 3) с массой тела в октябре ($r=0,45$; $p<0,01$ для правой кисти и $r=0,50$; $p<0,01$ для левой кисти), в январе ($r=0,35$; $p<0,05$ для правой кисти и $r=0,37$;

$p < 0,05$ для левой кисти), а также в апреле ($r = 0,48$; $p < 0,01$ для правой кисти и $r = 0,56$; $p < 0,01$ для левой кисти); 4) с ИМТ в октябре ($r = 0,40$; $p < 0,05$ для правой кисти и $r = 0,50$; $p < 0,01$ для левой кисти), в январе ($r = 0,33$; $p < 0,05$ для правой кисти и $r = 0,38$; $p < 0,05$ для левой кисти), а также в апреле ($r = 0,46$; $p < 0,01$ для правой кисти и $r = 0,59$; $p < 0,01$ для левой кисти). Эти корреляции указывают, что меньшая сила кистевого сжатия у гимнасток была обусловлена более низкой массой тела и мышечной массой тела.

Таким образом, корреляционный анализ выявил некоторые корреляции между антропометрическими показателями, характеризующие эктоморфность телосложения эстетических гимнасток (повышенный индекс эктоморфии, сниженные ИМТ, масса тела, обхваты бедра и голени) с повышенной площадью и скоростью колебаний в некоторых позуальных стойках (обычная стойка с ЗГ, стойка на ППФ с ЗГ и стойка на ППС с ЗГ), что позволяет предположить небольшую роль высокой эктоморфии в снижении устойчивости вертикальной позы. Однако данные связи были слабыми и неустойчивыми: в других периодах они не выявлены, что указывает на невысокую силу связи регуляции позы с антропометрическими показателями спортсменок.

Таблица 15 – Корреляция (Пирсона) между антропометрическими показателями и показателями устойчивости вертикальной позы у эстетических гимнасток, полученных в октябре

Показатели n=38	Эндо- морфия, усл. ед.	Мезо- морфия, усл. ед.	Экто- морфи я, усл. ед.	Жиро- вая масса, кг	Жиро- вая масса (%)	Мыше- чная масса (кг)	Мыше- чная масса (%)	Кос- тная масса (кг)	Кос- тная масса (%)
ELLS-СТП- ОГ, мм ²	-0,11	-0,09	0,03	-0,06	-0,15	0,03	-0,13	- 0,03	-0,17
ELLS-СТП- ЗГ, мм ²	-0,30	-0,28	0,39*	-0,32	- 0,34*	-0,14	0,31	- 0,11	0,26
ELLS-ЗОС2, мм ²	-0,17	-0,13	0,19	-0,13	-0,23	-0,27	-0,19	- 0,13	0,09
ELLS-ЗОС32, мм ²	-0,25	-0,12	0,08	-0,23	-0,30	-0,25	-0,04	- 0,30	-0,16
ELLS-ППФ- ОГ, мм ²	0,36*	0,29	-0,40*	0,41*	0,34*	0,37*	-0,40*	0,32	-0,23

Продолжение таблицы 15 – Корреляция (Пирсона) между антропометрическими показателями и показателями устойчивости вертикальной позы у эстетических гимнасток, полученных в октябре

Показатели n=38	Эндо- морфи я, усл. ед.	Мезо- морфи я, усл. ед.	Экто- морф ия, усл. ед.	Жиро- вая масса, кг	Жиро- вая масса (%)	Мыше- чная масса (кг)	Мыше- чная масса (%)	Кос- тная масса а (кг)	Кос- тная масса (%)
ELLS-ППФ- ЗГ, мм ²	-0,44 **	-0,42**	0,49 **	-0,43 **	- 0,47**	-0,31	0,23	- 0,23	0,23
ELLS-ППс- ОГ, мм ²	0,02	-0,14	0,05	0,02	-0,01	0,01	-0,26	0,04	-0,09
ELLS-ППс- ЗГ, мм ²	-0,08	-0,19	0,16	-0,09	-0,13	-0,02	-0,05	- 0,03	-0,04
ЛСС-СТП- ОГ, мм/сек	0,00	0,00	-0,04	-0,04	-0,06	0,01	-0,04	- 0,01	-0,03
ЛСС-СТП- ЗГ, мм/сек	0,04	0,02	-0,01	0,03	-0,05	0,17	0,06	0,04	-0,14
ЛСС-ЗОС2, мм/сек	-0,08	-0,07	0,10	-0,07	-0,19	-0,21	-0,22	- 0,13	-0,02
ЛСС- ЗОС32, мм/сек	-0,19	-0,05	-0,02	-0,19	-0,31	-0,14	0,00	- 0,26	-0,25
ЛСС-ППф- ОГ, мм/сек	0,47 **	0,42*	- 0,45* *	0,48 **	0,37*	0,31	-0,26	0,30	-0,17
ЛСС-ППф- ЗГ, мм/сек	-0,41*	-0,48**	0,60 **	-0,37*	- 0,43**	-0,32	0,13	- 0,17	0,29
ЛСС-ППс- ОГ, мм/сек	0,15	-0,04	-0,07	0,13	0,10	0,10	-0,22	0,09	-0,14
ЛСС-ППс- ЗГ, мм/сек	0,01	-0,06	0,00	-0,07	-0,12	-0,02	-0,07	0,00	-0,01
Показатели n=38	ШП, см	ПДГК, см	Диам. эпиф. бедр ноги, см	Диам. эпиф. голен и, см	Обхват бёдер, см	Обхват бедр ноги, см	Об- хват голе- ни, см	Мас- са тела, кг	ИМТ, кг/кв. м.
ELLS-СТП- ОГ, мм ²	0,21	-0,26	-0,06	-0,03	0,05	-0,08	-0,03	0,07	0,01
ELLS-СТП- ЗГ, мм ²	-0,02	-0,18	-0,10	-0,05	-0,26	-0,24	-0,14	- 0,22	- 0,33*
ELLS-ЗОС2, мм ²	-0,22	0,03	-0,08	-0,18	-0,20	-0,24	-0,27	- 0,15	-0,14
ELLS- ЗОС32, мм ²	-0,08	-0,17	-0,16	-0,48 **	-0,32	-0,21	-0,33*	- 0,20	-0,11
ELLS-ППф- ОГ, мм ²	0,40*	0,26	0,30	0,16	0,28	0,29	0,25	0,23	0,30

Окончание таблицы 15 – Корреляция (Пирсона) между антропометрическими показателями и показателями устойчивости вертикальной позы у эстетических гимнасток, полученных в октябре

Показатели n=38	ШП, см	ПДГК , см	Диам. эпиф. бедр ноги, см	Диам. эпиф. голе- ни, см	Обхват бёдер, см	Обхват бедр ноги, см	Обхват голени, см	Мас- са тела, кг	ИМТ, кг/кв. м.
ELLS- ППф-ЗГ, мм ²	-0,02	-0,40	-0,24	0,03	-0,35*	-0,33*	-0,36*	- 0,34*	-0,43 **
ELLS-ППс- ОГ, мм ²	0,33	0,11	-0,07	0,09	0,05	0,00	0,07	0,09	-0,01
ELLS-ППс- ЗГ, мм ²	0,00	-0,22	-0,06	0,06	-0,02	-0,05	-0,07	-0,01	-0,09
ЛСС-СТП- ОГ, мм/сек	0,28	-0,07	0,03	0,06	0,05	-0,03	-0,04	0,02	0,02
ЛСС-СТП- ЗГ, мм/сек	0,20	0,02	0,13	-0,13	0,14	0,09	0,12	0,12	0,07
ЛСС- ЗОС2, мм/сек	-0,12	0,00	-0,05	-0,24	-0,15	-0,17	-0,25	-0,10	-0,05
ЛСС- ЗОС32, мм/сек	0,01	-0,14	-0,09	-0,52 **	-0,24	-0,10	-0,28	-0,12	-0,02
ЛСС-ППф- ОГ, мм/сек	0,38*	0,25	0,30	0,25	0,46**	0,52**	0,46**	0,53* *	0,50* *
ЛСС-ППф- ЗГ, мм/сек	0,01	-0,24	-0,25	-0,04	-0,26	-0,34	-0,40	- 0,34*	-0,45*
ЛСС-ППс- ОГ, мм/сек	0,27	0,09	0,07	0,03	0,21	0,19	0,08	0,15	0,09
ЛСС-ППс- ЗГ, мм/сек	0,00	-0,09	0,02	0,01	0,03	0,01	-0,11	0,00	0,00

П р и м е ч а н и я:

- 1) ELLS – доверительная площадь колебаний ОЦД;
- 2) ЛСС – линейная средняя скорость колебаний ОЦД;
- 3) ОГ – открытые глаза;
- 4) ЗГ – закрытые глаза;
- 5) ЗОС2/32 – тест со зрительной обратной связью с увеличенным масштабом отображаемых колебаний ОЦД на компьютере в 2 или 32 раза;
- 6) ППф/с – тест на пресс-папье, подвижном по фронтالي / сагиттали;
- 7) */** - $p < 0,05/0,01$.

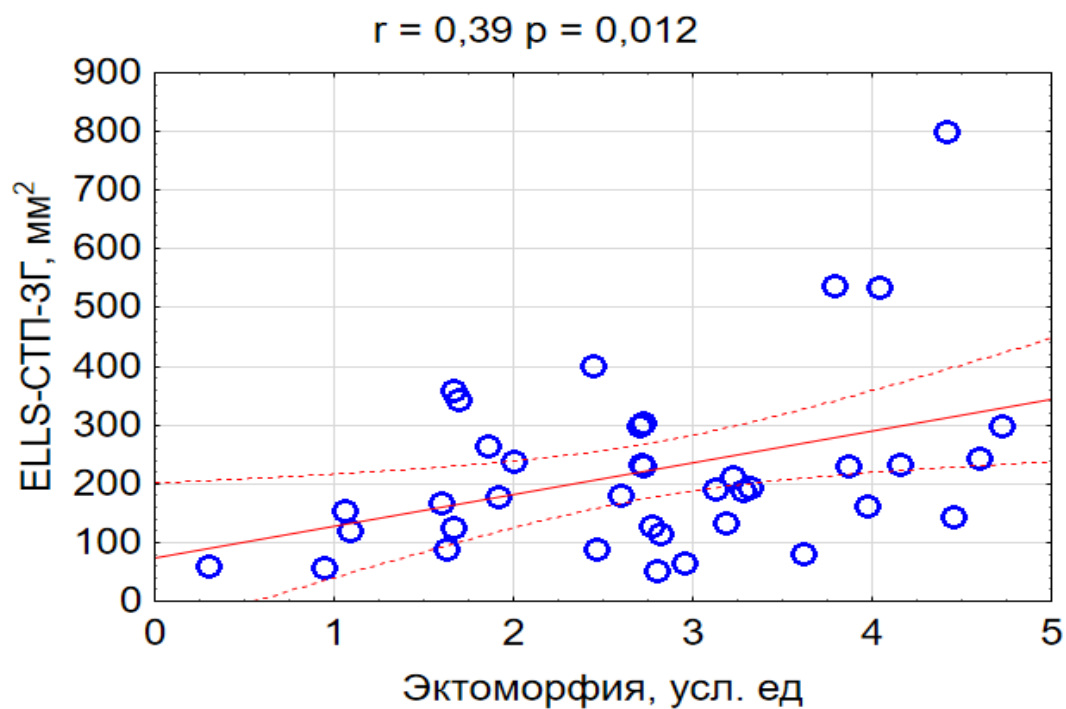


Рисунок 16 – Корреляция эктоморфии с ELLS-СТП-3Г, определенных в октябре в общей группе

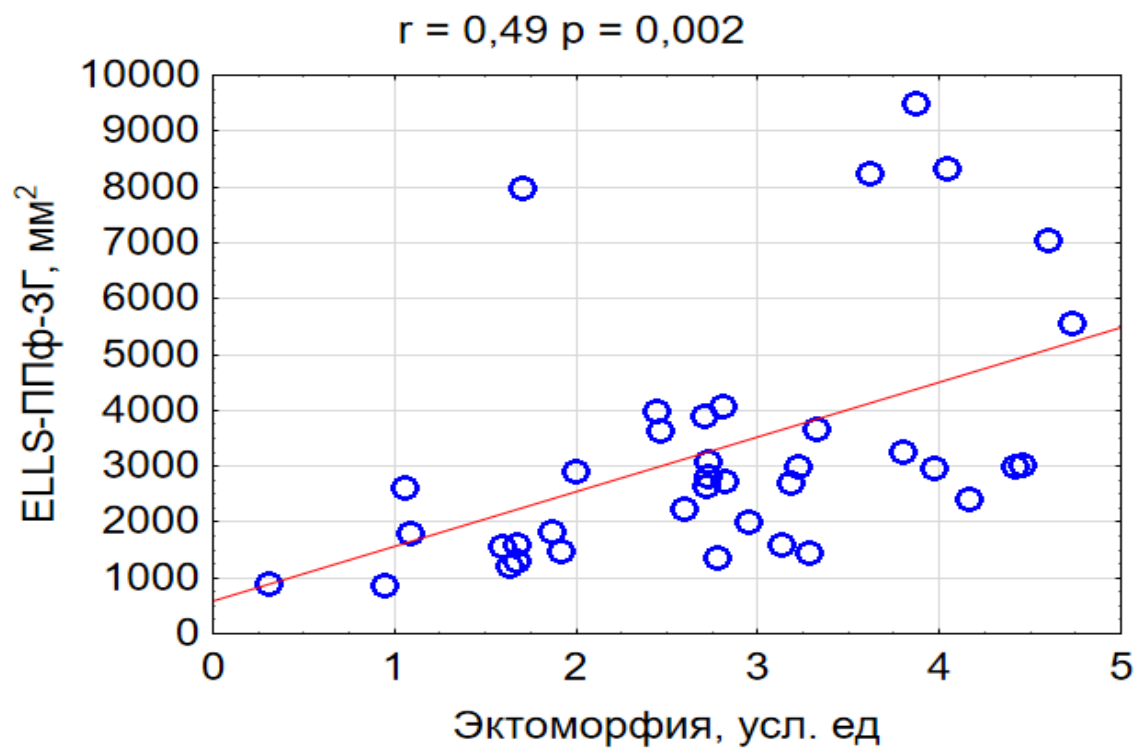


Рисунок 17 – Корреляция эктоморфии с ELLS-ППФ-3Г, определенных в октябре в общей группе

3.3 Динамика показателей психофизиологического стресса у эстетических гимнасток в течение соревновательного сезона

3.3.1 Динамика показателей психофизиологического стресса у эстетических гимнасток по данным опросника RESTQ–SPORT

Опросник RESTQ–SPORT содержит 77 вопросов, сгруппированные в 4 категории: «Общий стресс», «Общее восстановление», «Спортивный стресс», «Спортивное восстановление». В категорию «Общий стресс» входят такие 7 подкатегорий, как «Общий стресс», «Эмоциональный стресс», «Социальный стресс», «Конфликты/Давление», «Общая усталость», «Недостаток Энергии», «Физические жалобы». В категорию «Общее восстановление» входят такие 4 подкатегории, как «Успех», «Социальное восстановление», «Общее Благополучие» и «Сон». В категорию «Спортивное восстановление» входят такие 5 подкатегорий, как «Физическое восстановление», «Спортивная форма», «Личные достижения», «Самоеффективность» и «Саморегуляция». А в категорию «Спортивный стресс» входят такие 3 подкатегории, как «Качество перерывов», «Эмоциональное выгорание», «Подверженность травме».

Рассматривая каждую категорию по отдельности (Таблица 16) необходимо отметить, что по интегральной категории «Общий стресс» группы МС и КМС не отличалась от ГК ни в каком из месяцев наблюдения. Более того, в середине сезона, в январе, уровень «Общего стресса» в группе КМС имела тенденцию к пониженным значениям (КМС: 1,95 баллов, а в группе ГК 2,50 баллов, $p < 0,1$). Хотя различий по интегральному «Общему стрессу» различий не выявлено, однако гимнастки МС в конце сезона показали меньшее напряжение по таким подкатегориям, как «Общая усталость» (ГК: 2,5 баллов; МС: 2,00 баллов, $p < 0,05$) и «Недостаток Энергии» (ГК: 3,00 баллов, МС: 1,5 баллов, $p < 0,01$; КМС: 1,88 баллов, $p < 0,05$) по сравнению с ГК. В течение сезона показатель категории «Общий стресс» существенно не менялся во всех группах. Однако динамика «Эмоционального стресса» ($p < 0,05$), «Социального

стресса» ($p < 0,05$) и «Недостатка энергии» в ГК была положительная, указывая на увеличение психоэмоционального напряжения по этим подкатегориям к апрелю по сравнению с октябрём у нетренирующихся лиц (Таблица 16).

Значение категорий «Спортивный стресс» не различалось между группами в 3 периодах наблюдения, указывая на отсутствие значительного субъективного спортивного стресса у спортсменок-гимнасток в течение сезона. Однако по некоторым категориям были отмечены изменения в течение сезона у гимнасток. Подкатегория «Качество перерывов» внутри «Спортивного стресса» проявила положительную тенденцию у МС (выявлено снижение к концу сезона, в апреле, $p < 0,05$ по сравнению с серединой сезона - январем), означая улучшение перерывов на восстановление и снижение вклада в категорию «Спортивный стресс». Напротив, значение «Качество перерывов» было выше в группе «КМС» в начале сезона - в октябре ($M=2,25$, $p < 0,05$ сравнению с ГК $M=1,75$) с последующим улучшением в январе (в КМС $M=1,75$, $p < 0,05$ по сравнению с октябрём). В ГК в конце сезона значения «Качество перерывов» выросли в апреле по сравнению с октябрём ($p < 0,05$), указывая на субъективную нехватку восстановительных перерывов. Существенных различий по подкатегориям «Эмоциональное выгорание» и «Подверженность травме», входящих в Спортивный стресс, между группами не выявлено. Можно лишь отметить неблагоприятную тенденцию «Эмоционального выгорания» у девушек ГК, что также подтверждает прирост отдельных компонентов спортивного стресса в этой группе. Можно добавить, что снижение «Качество перерывов» и повышение «Физического восстановления» в группе МС к концу сезона, в апреле, относительно январского измерения не коррелировали с изменениями стабильнографических показателей в общей группе испытуемых, что указывает на отсутствие связей субъективных оценок спортивного восстановления и спортивного стресса с постуральной регуляцией, по крайней мере в данной выборке испытуемых.

Показатель категории «Общее восстановление» не достигал статистической значимости различий между группами ни в один из периодов

($p > 0,05$). Но гимнастки «МС» имели большие значения этой категории в январе ($p < 0,1$) и апреле ($p < 0,1$) по сравнению с ГК, указывая на субъективно положительную оценку восстановительных процессов организма (эмоции, сон, успех) в течение январского и апрельского измерений. Схожая картина отмечалась и в группе КМС в январе. Анализ отдельных подкатегорий «Общего восстановления» подтвердил, что подкатегория «Успех» у спортсменок МС во все три периода (октябрь, январь, апрель) были выше, чем ГК (медианы МС: 3,75-4,00 против 3,00-3,50 в ГК при $p < 0,05$). В группе КМС «Успех» также был выше в октябре ($p < 0,05$) и апреле ($p < 0,1$), чем в ГК. По «Социальному восстановлению» существенных различий и динамике внутри групп не выявлено. «Общее благополучие» в апреле у МС стало выше, чем в ГК, поскольку в этой ГК оно снижалось ($p < 0,05$ по сравнению с октябрем). Подкатегория «Сон» не различалась между группами (кроме повышенных величин в КМС в январе) и не выявлено изменений в группах.

Категория «Спортивное восстановление» отличалось стабильно повышенными баллами у МС в октябре ($p < 0,05$), в январе ($p < 0,05$) и апреле ($p < 0,05$), а также у спортсменок КМС в октябре ($p < 0,05$), январе ($p < 0,1$) и апреле ($p < 0,05$) по сравнению с ГК, без изменений в группах в течение сезона. У гимнасток МС это было связано с высокими баллами в октябре по подкатегориям: «Личные достижения», «Самоеффективность»; в январе по параметрам «Личные достижения», «Самоеффективность»; в апреле по подкатегориям «Спортивная форма», «Личные достижения», «Самоеффективность». У гимнасток КМС высокое спортивное восстановление определялось в октябре такими подкатегориями, как: «Личные достижения», «Саморегуляция»; в январе по параметрам «Личные достижения»; в апреле по подкатегориям «Личные достижения» и «Самоеффективность».

В целом, можно отметить, что наиболее устойчивые различия между спортсменками МС, КМС и ГК наблюдались по шкалам психологического благополучия, связанным с восприятием успеха, личных достижений и самоеффективности. Спортсменки высокого уровня МС чувствовали себя

более успешными и уверенными, особенно в ключевые моменты сезона (апрель). Различия между МС и КМС минимальны, но иногда проявляются в лучшую сторону у МС (например, в «Самоэффективности» в январе, «Качестве перерывов» в апреле, «Недостатке энергии» в апреле).

Спортсменки МС не отличаются по «Спортивному стрессу» от других групп. Большинство шкал стресса не показывают значимых межгрупповых различий. Исключение составляет шкала «Недостаток энергии»: в апреле у МС это показатель ниже (1,50), чем у КМС (1,88) и особенно ниже, чем в ГК (3,00, $p < 0,01$). Это указывает на то, что к концу сезона спортсменки высокого уровня (МС) чувствовали себя более энергичными, чем ГК и не накапливали психофизического стресса.

Таблица 16 – Уровень психофизического стресса по данным опросника RESTQ-Sport у эстетических гимнасток высокой квалификации

Показатели	МС (n=12)	КМС (n=12)	ГК (n=14)	ANOVA Kruskal-Wallis
	Median Q25–Q75	Median Q25–Q75	Median Q25–Q75	p
1. Общий стресс				
октябрь 2023 г	2,00 [1,25–2,25]	2,38 [1,50–3,75]	1,75 [1,50–3,25]	0,41
январь 2024 г	1,75 [1,50–2,25]	1,88 [1,00–2,50]	2,00 [1,50–3,25]	0,61
апрель 2024 г	1,75 [1,00–2,50]	2,00 [1,50–2,63]	2,25 [1,50–2,50]	0,43
2. Эмоциональный стресс				
октябрь 2023 г	2,75 [2,00–3,50]	2,63 [2,00–3,88]	2,25 [1,75–2,50]	0,59
январь 2024 г	2,25 [1,75–3,50]	2,25 [1,75–2,75]	2,75 [2,25–3,25]	0,83
апрель 2024 г	2,50 [2,00–3,50]	2,75 [1,63–3,38]	3,00 [1,75–3,25]о	0,52
3. Социальный стресс				
октябрь 2023 г	2,00 [1,75–2,75]	2,25 [2,00–3,13]	2,25 [1,75–3,25]	0,76
январь 2024 г	2,00 [1,50–3,25]	2,13 [1,75–2,75]	2,25 [1,75–3,25]	0,75
апрель 2024 г	2,50 [1,00–3,75]	2,00 [1,25–3,63]	3,00 [1,75–4,00]о	0,64

Продолжение таблицы 16 – Уровень психофизического стресса по данным опросника RESTQ-Sport у эстетических гимнасток высокой квалификации

Показатели	МС (n=12)	КМС (n=12)	ГК (n=14)	ANOVA Kruskal-Wallis
	Median Q25–Q75	Median Q25–Q75	Median Q25–Q75	p
4. Конфликты/ Давление				
октябрь 2023 г	2,00 [1,75–2,75]	3,25 [1,88–4,25]	2,75 [2,25–4,00]	0,27
январь 2024 г	2,25 [1,75–2,50]	2,50 [1,25–3,50]	2,75 [2,25–3,75]	0,37
апрель 2024 г	2,50 [2,00–3,00]	2,75 [2,13–3,50]	2,50 [1,50–3,75]	0,78
5. Общая усталость				
октябрь 2023 г	2,25 [2,00–2,50]	2,88 [2,13–3,38]	2,25 [2,00–2,75]	0,26
январь 2024 г	2,50 [2,00–3,00]	2,50 [1,75–3,00]	2,50 [2,00–2,75]	0,94
апрель 2024 г	2,00 [1,50–2,50]*	2,38 [1,50–3,00]	2,50 [2,25–3,00]	0,13
6. Недостаток энергии				
октябрь 2023 г	1,75 [1,75–2,00]	2,13 [1,63–2,50]	2,25 [2,00–2,75]	0,27
январь 2024 г	2,00 [1,75–2,00]	1,50 [1,25–2,50]	2,50 [2,00–2,75]	0,087
апрель 2024 г	1,50 [1,50–2,50]**	1,88 [1,50–2,75]*	3,00 [2,00–3,50]я оо	0,027
7. Физические жалобы				
октябрь 2023 г	1,75 [1,75–2,50]	1,75 [1,25–2,50]	2,00 [1,50–3,00]	0,75
январь 2024 г	1,75 [1,50–2,50]	1,75 [1,25–2,00]	2,50 [1,75–3,00]	0,129
апрель 2024 г	1,75 [1,25–2,25]	2,00 [1,75–2,88]	2,00 [1,50–3,50]	0,52
8. Успех				
октябрь 2023 г	3,75 [3,50–4,00]*	4,00 [3,25–4,13]*	3,50 [3,00–3,50]	0,036
январь 2024 г	4,00 [3,75–4,25]**	3,38 [3,00–3,75]	3,00 [2,25–3,50]	0,004
апрель 2024 г	4,00 [3,50–4,50]**	3,75 [3,38–4,38]К'	3,25 [2,00–4,00]	0,049
9. Социальное восстановление				
октябрь 2023 г	4,25 [3,25–4,75]	4,38 [3,25–4,88]	4,50 [3,50–5,00]	0,76
январь 2024 г	4,00 [4,00–4,50]	4,25 [3,75–5,25]	3,50 [3,00–5,00]	0,67
апрель 2024 г	4,00 [3,75–4,75]	4,00 [3,00–5,25]	3,75 [3,00–4,25]	0,75
10. Физическое восстановление				
октябрь 2023 г	3,25 [2,75–3,50]	3,50 [3,13–4,13]	3,25 [2,25–3,75]	0,30
январь 2024 г	3,25 [3,00–4,00]	3,50 [3,25–4,00]	3,25 [2,50–3,75]	0,33
апрель 2024 г	3,75 [3,00–4,00]о	3,75 [3,00–4,13]	3,25 [2,75–3,50]	0,19

Продолжение таблицы 16 – Уровень психофизического стресса по данным опросника RESTQ-Sport у эстетических гимнасток высокой квалификации

Показатели	МС (n=12)	КМС (n=12)	ГК (n=14)	ANOVA Kruskal-Wallis
	Median Q25–Q75	Median Q25–Q75	Median Q25–Q75	p
11. Общее благополучие				
октябрь 2023 г	3,50 [2,75–3,75]	3,50 [3,25–4,50]	3,25 [2,75–3,50]	0,395
январь 2024 г	3,75 [3,00–4,25]	3,88 [3,00–4,50]	2,75 [2,25–3,50]	0,266
апрель 2024 г	3,75 [3,00–4,25]*	3,25 [2,38–4,88]	2,50 [2,00–3,25]o	0,028
12. Сон				
октябрь 2023 г	3,00 [2,50–3,50]	3,00 [2,75–3,25]	3,00 [2,00–3,75]	0,995
январь 2024 г	3,25 [2,50–3,75]	3,30 [2,75–4,20]К'	2,50 [2,00–3,25]	0,090
апрель 2024 г	3,25 [2,25–3,75]	3,38 [2,25–4,13]	3,25 [2,50–3,50]	0,85
13. Качество перерывов (прямой стрессовый индекс)				
октябрь 2023 г	1,75 [1,25–2,75]	2,25 [1,88–3,00]*	1,75 [1,25–2,00]	0,119
январь 2024 г	2,00 [1,25–3,25]	1,75 [1,25–2,00]o	2,00 [1,25–2,25]	0,129
апрель 2024 г	1,50 [1,25–1,75]я	2,38 [1,50–2,50]я	2,25 [1,75–2,75] o	0,200
14. Эмоциональное выгорание				
октябрь 2023 г	1,75 [1,25–2,50]	1,50 [1,13–1,88]	1,25 [1,00–2,00]	0,59
январь 2024 г	2,25 [1,75–3,25]	1,88 [1,25–2,25]	1,25 [1,00–2,00]	0,266
апрель 2024 г	2,00 [1,25–2,50]	1,75 [1,13–2,88]	1,75 [1,50–2,50]я o	0,86
15. Подверженность травме				
октябрь 2023 г	2,25 [1,75–2,75]	2,13 [1,25–3,25]	2,00 [1,50–2,50]	0,789
январь 2024 г	2,25 [1,50–3,00]	1,63 [1,00–2,50]	2,00 [1,50–3,00]	0,42
апрель 2024 г	2,25 [1,75–2,50]	2,25 [1,13–3,00]	2,00 [1,25–2,50]	0,77
16. Спортивная форма				
октябрь 2023 г	3,50 [3,00–4,00]	3,25 [2,88–3,88]	3,25 [2,50–4,00]	0,652
январь 2024 г	3,50 [2,75–3,75]	3,00 [2,75–3,75]	2,50 [2,25–3,50]	0,38
апрель 2024 г	3,75 [3,00–4,50]*	3,54 [2,25–4,13]	2,75 [2,50–3,00]	0,100
17. Личные достижения				
октябрь 2023 г	4,00 [3,25–4,25]*	3,75 [3,50–4,63]	3,25 [2,75–3,75]	0,065
январь 2024 г	4,00 [3,50–4,50]*	4,13 [3,25–4,50] *	3,25 [2,25–3,50]	0,013
апрель 2024 г	4,25 [3,75–4,75]*	3,88 [3,63–4,63] *	3,00 [2,75–3,75]	0,028

Окончание таблицы 16 – Уровень психофизического стресса по данным опросника RESTQ-Sport у эстетических гимнасток высокой квалификации

Показатели	МС (n=12)	КМС (n=12)	ГК (n=14)	ANOVA Kruskal- Wallis
	Median Q25–Q75	Median Q25–Q75	Median Q25–Q75	p
18. Самоэффективность				
октябрь 2023 г	3,75 [3,25–4,25]*	4,13 [2,38–4,38]	3,00 [2,00–3,25]	0,032
январь 2024 г	3,50 [3,00–4,00]*	2,63 [2,00–3,00]я	2,75 [1,75–3,50]	0,028
апрель 2024 г	3,75 [3,25–4,50]*	3,63 [3,13–4,38]* oo	2,75 [2,00–3,50]	0,021
19. Саморегуляция				
октябрь 2023 г	3,50 [3,25–4,25]	4,25 [3,63–4,50] *	3,25 [2,75–3,50]	0,025
январь 2024 г	3,25 [3,00–3,75]	3,75 [3,00–4,75]	3,25 [2,25–3,75]	0,38
апрель 2024 г	3,50 [3,00–3,75]	3,50 [3,38–4,13]	3,00 [2,50–3,75]	0,14
Интегральные показатели стресса и восстановления				
1. Общий стресс				
октябрь 2023 г	2,18 [1,93–2,36]	2,34 [1,81–2,97]	2,18 [1,96–3,18]	0,75
январь 2024 г	2,14 [1,79–2,79]	1,95 [1,68–2,50]К'	2,50 [2,07–3,21]	0,21
апрель 2024 г	2,14 [1,82–2,61]	2,45 [1,75–2,73]	2,68 [1,89–3,18]	0,42
2. Общее восстановление				
октябрь 2023 г	3,62 [3,19–3,94]	3,66 [3,40–4,00]	3,44 [2,81–3,87]	0,55
январь 2024 г	3,94 [3,19–4,06]К'	3,91 [3,19–4,31]К'	2,75 [2,50–3,62]	0,11
апрель 2024 г	3,62 [3,25–4,12]К'	3,41 [2,88–4,81]	2,69 [2,56–3,62]	0,16
3. Спортивный стресс				
октябрь 2023 г	2,00 [1,50–2,25]	2,25 [1,34–2,59]	1,75 [1,42–2,00]	0,61
январь 2024 г	2,58 [1,42–2,75]	1,67 [1,17–2,50]	1,75 [1,50–2,33]	0,33
апрель 2024 г	2,00 [1,50–2,17]	2,09 [1,50–2,80]	1,92 [1,58–2,42]	0,89
4. Спортивное восстановление				
октябрь 2023 г	3,65 [3,20–3,90]К'	3,70 [3,30–4,03]*	3,25 [2,45–3,60]	0,073
январь 2024 г	3,50 [3,30–3,80]*	3,63 [3,20–3,75]К'	2,95 [2,40–3,30]	0,069
апрель 2024 г	3,65 [3,40–4,05]*	3,70 [3,03–4,15]*	3,00 [2,40–3,55]	0,037

Примечания:

- 1) К'/*/** - $p < 0,1/0,05/0,01$ vs группой «Контроль»;

- 2) о/оо - $p < 0,05/0,01$ vs Октябрь;
- 3) я/яя - $p < 0,05/0,01$ vs Январь;
- 4) $\wedge$ - $p < 0,05$ vs КМС.

3.3.2 Взаимосвязь психофизического стресса, определенного по опроснику RESTQ–SPORT, с показателями постуральной устойчивости в общей группе обследованных испытуемых

Корреляции Спирмена показателей постуральной устойчивости с категориями психофизического стресса (RESTQ–SPORT) в октябре. Анализ корреляций между интегральными показателями психофизического стресса, определенного по опроснику RESTQ–SPORT в начале сезона, октябре, выявил положительную корреляцию между категорией «Общее восстановление» с ELLS и ЛСС на ППс-ОГ ($r=0,33 - 0,48$; $p < 0,01$; Таблица 17), указывающее на сниженную устойчивость позы в стойке на ППс с ОГ у спортсменов с высоким общим восстановлением, что не логично. А категория «Спортивный стресс» коррелировал с ЛСС-ЗОС2 ($r=0,44$; $p < 0,01$), что указывает на менее эффективную регуляцию позы в тесте с ЗОС2 у спортсменок с высоким спортивным стрессом в октябре. Эти данные указывают на редкие и слабые связи регуляции позы с показателями стресса, полученных с помощью опросника RESTQ–SPORT в начале соревновательного сезона.

Корреляции показателей психофизического стресса с показателями постуральной устойчивости в январе в общей группе обследованных испытуемых. В январском обследовании выявлено несколько корреляций, указывающих на связь субъективного спортивного стресса с пониженной устойчивостью позы в некоторых тестах. В частности, категория «Спортивный стресс» опросника RESTQ–SPORT коррелировала (Таблица 18) с несколькими показателями постуральной устойчивости: ELLS-ППф-ЗГ ($r=0,35$; $p < 0,05$), ЛСС-ЗОС2 ($r=0,38$; $p < 0,05$), ЛСС-ЗОС32 ($r=0,43$; $p < 0,01$), ЛСС-ППф-ОГ ($r=0,44$; $p < 0,01$).

Таблица 17 – Корреляции Спирмена показателей психофизического стресса с показателями поструральной устойчивости в октябре в общей группе испытуемых

Показатели поструральной устойчивости	Показатели психофизического стресса в октябре			
	Общий стресс	Общее восстановление	Спортивный стресс	Спортивное восстановление
ELLS-ОГ	-0,07	0,21	0,04	0,23
ELLS-ЗГ	0,01	0,30	0,10	0,32
ELLS-ЗОС2	0,00	0,27	0,16	-0,03
ELLS-ЗОС32	-0,08	0,16	0,10	0,26
ELLS-ППф-ОГ	-0,13	0,24	-0,23	-0,01
ELLS-ППф-ЗГ	-0,03	0,19	0,23	0,30
ELLS-ППс-ОГ	-0,26	0,48**	-0,21	0,29
ELLS-ППс-ЗГ	-0,12	0,30	0,13	0,07
ЛСС-ОГ	-0,09	0,26	0,11	0,20
ЛСС-ЗГ	-0,03	0,15	0,15	0,15
ЛСС-ЗОС2	0,17	0,16	0,44**	-0,20
ЛСС-ЗОС32	0,05	0,00	0,22	0,15
ЛСС-ППф-ОГ	0,12	0,12	0,01	-0,05
ЛСС-ППф-ЗГ	-0,15	0,26	0,17	0,29
ЛСС-ППс-ОГ	-0,09	0,33*	-0,09	0,11
ЛСС-ППс-ЗГ	0,14	0,26	0,21	0,07

Примечания:

- 1) ELLS – доверительная площадь колебаний ОЦД;
- 2) ЛСС – линейная средняя скорость колебаний ОЦД;
- 3) ОГ – открытые глаза;
- 4) ЗГ – закрытые глаза;
- 5) ЗОС2/32 – тест со зрительной обратной связью с увеличенным масштабом отображаемых колебаний ОЦД на компьютере в 2 или 32 раза;
- 6) ППф/с – тест на пресс-папье, подвижном по фронтали / сагиттали;
- 7) */** - $p < 0,05/0,01$.

То есть активность механизмов регуляции позы в стойке на ППф, по данным ЛСС, а также в стойке со ЗОС2/32 у спортсменок с повышенным «Спортивным стрессом» была повышенной. Кроме того, снижение категории «ДСпортивное восстановление» у спортсменок за период октябрь-январь отрицательно коррелировало с приростом Δ ELLS в стойке на ППф с ОГ ($r = -0,40$; $p < 0,01$) и с ЗГ ($r = -0,34$; $p < 0,05$) (Таблица 19). Также увеличение за этот же

период категории « Δ Спортивный стресс» положительно коррелировало с Δ ELLS-3Г ($r=0,33$; $p<0,05$), а увеличение категории « Δ Общий стресс» с Δ ЛСС-ППф-ОГ ($r=0,48$; $p<0,01$; Таблица 19).

Таблица 18 – Корреляции Спирмена показателей психофизического стресса с показателями постуральной устойчивости в январе в общей группе испытуемых

Показатели постуральной устойчивости	Показатели психофизического стресса в январе			
	Общий стресс	Общее восстановление	Спортивный стресс	Спортивное восстановление
ELLS-ОГ	-0,19	0,21	0,20	0,16
ELLS-3Г	-0,32	0,27	0,01	0,26
ELLS-3ОС2	-0,09	0,13	0,20	-0,08
ELLS-3ОС32	-0,14	0,00	0,28	-0,18
ELLS-ППф-ОГ	-0,10	0,27	0,24	0,24
ELLS-ППф-3Г	0,10	0,20	0,35*	-0,23
ELLS-ППс-ОГ	-0,19	0,17	0,16	-0,09
ELLS-ППс-3Г	0,00	0,23	0,02	0,24
ЛСС-ОГ	-0,07	0,10	0,28	0,12
ЛСС-3Г	-0,24	0,22	0,07	-0,04
ЛСС-3ОС2	0,05	0,08	0,38*	-0,15
ЛСС-3ОС32	0,08	0,05	0,43**	0,12
ЛСС-ППф-ОГ	0,16	-0,04	0,44**	-0,20
ЛСС-ППф-3Г	-0,28	0,33	0,24	0,04
ЛСС-ППс-ОГ	-0,04	0,12	0,06	0,01
ЛСС-ППс-3Г	-0,14	0,31	0,20	0,11

Примечания:

1) */** - $p<0,05/0,01$.

В целом, результаты корреляционного анализа показывают, что уровень спортивного стресса, а также его увеличение относительно октября положительно коррелировало с уровнем, а также приростом некоторых немногих показателей активности регуляции позы и снижением устойчивости позы у спортсменок. С другой стороны, снижение «Спортивного восстановления» коррелировало с увеличением устойчивости позы в стойке на пресс-папье, подвижном во фронтальной плоскости.

Таблица 19 – Корреляции Спирмена между изменениями показателей психофизического стресса с изменением показателей постральной устойчивости за период октябрь-январе в общей группе испытуемых

Изменение показателей устойчивости позы	Изменение показателей психофизического стресса за период октябрь-январь			
	Δ Общий стресс %	Δ Общее восстановление %	Δ Спортивный стресс %	Δ Спортивное восстановление %
ΔELLS-ОГ	-0,29	-0,18	0,23	0,11
ΔELLS-ЗГ	0,03	-0,10	0,33*	0,09
ΔELLS-ЗОС2	0,07	0,11	0,19	0,06
ΔELLS-ЗОС32	0,12	0,02	0,16	0,08
ΔELLS-ППф-ОГ	0,02	-0,07	-0,17	-0,40**
ΔELLS-ППф-ЗГ	0,16	-0,14	0,12	-0,34*
ΔELLS-ППс-ОГ	0,07	0,17	-0,03	0,22
ΔELLS-ППс-ЗГ	0,11	-0,07	0,01	-0,22
ΔЛСС-ОГ	-0,22	-0,13	0,19	0,02
ΔЛСС-ЗГ	0,13	-0,16	0,22	0,09
ΔЛСС-ЗОС2	0,11	-0,02	0,13	-0,05
ΔЛСС-ЗОС32	0,04	0,04	0,11	0,04
ΔЛСС-ППф-ОГ	0,48**	-0,04	0,03	-0,25
ΔЛСС-ППф-ЗГ	-0,22	0,17	-0,10	0,29
ΔЛСС-ППс-ОГ	-0,25	0,09	0,05	-0,21
ΔЛСС-ППс-ЗГ	0,21	0,20	-0,15	0,30

Примечания:

- 1) Δ - изменение показателя за период октябрь-январь;
- 2) */** - $p < 0,05/0,01$.

Корреляции показателей психофизического стресса с показателями постральной устойчивости в апреле в общей группе обследованных испытуемых

В апреле уровни общего и спортивного стресса не отличались между группами, но уровень категории «Спортивное восстановление» у гимнасток МС и КМС были повышены относительно ГК (Таблица 16). Однако по данным корреляционного анализа категория «Общий стресс» коррелировала с ЛСС-ЗОС32 ($r=0,34$; $p<0,05$) и с ЛСС-ППф-ЗГ ($r=0,33$; $p<0,05$) (Таблица 20), указывая

на слабую связь «Общего стресса» с низкой произвольной регуляцией позы при ЗОС32 и напряжением регуляции позы в стойке на ППф с 3Г.

Таблица 20 – Корреляции Спирмена показателей психофизического стресса с показателями поструральной устойчивости в апреле в общей группе испытуемых

Показатели поструральной устойчивости	Показатели психофизического стресса в апреле			
	Общий стресс	Общее восстановление	Спортивный стресс	Спортивное восстановление
ELLS-ОГ	-0,13	0,19	-0,13	0,30
ELLS-3Г	0,12	0,09	0,07	0,15
ELLS-ЗОС2	0,07	0,09	0,16	0,10
ELLS-ЗОС32	0,27	-0,05	0,25	0,03
ELLS-ППф-ОГ	0,03	0,28	0,03	0,21
ELLS-ППф-3Г	0,07	-0,02	-0,12	0,03
ELLS-ППс-ОГ	-0,10	0,14	-0,03	0,26
ELLS-ППс-3Г	-0,10	0,23	0,00	0,32
ЛСС-ОГ	-0,04	0,28	-0,08	0,26
ЛСС-3Г	0,06	0,19	0,02	0,18
ЛСС-ЗОС2	0,22	-0,06	0,26	-0,08
ЛСС-ЗОС32	0,34*	-0,08	0,23	-0,10
ЛСС-ППф-ОГ	0,14	0,11	0,15	-0,02
ЛСС-ППф-3Г	0,33*	-0,16	0,21	-0,06
ЛСС-ППс-ОГ	0,07	0,16	0,06	0,30
ЛСС-ППс-3Г	0,07	0,12	0,09	0,28

Примечания:

- 1) значения соответствуют описанным в Таблице 16;
- 2) *- $p < 0,05$.

Кроме того, изменение показателей общего и спортивного стресса за второй период наблюдения не коррелировало с изменением стабилографических показателей за этот же период (Таблица 21). Исключение составили 2 корреляции увеличения общего и спортивного восстановления с Δ ЛСС-ЗОС32 ($r=0,40 - 0,42$; $p < 0,05$ оба), что не является логичным.

В целом, уровень стресса в апреле, определённого с помощью опросника RESTQ-SPORT, практически не коррелировал с показателями устойчивости позы в разных тестах, определенных с помощью стабилографии.

Таблица 21 – Корреляции Спирмена между изменениями показателей психофизического стресса с изменением показателей постуральной устойчивости за период январь-апрель в общей группе испытуемых

Изменение показателей устойчивости позы	Изменение показателей психофизического стресса за период январь-апрель			
	Δ Общий стресс %	Δ Общее восстановление %	Δ Спортивный стресс %	Δ Спортивное восстановление %
ΔELLS-ОГ	-0,23	0,08	-0,06	0,15
ΔELLS-ЗГ	-0,03	0,18	-0,10	0,01
ΔELLS-ЗОС2	-0,12	0,07	-0,03	-0,02
ΔELLS-ЗОС32	-0,25	0,29	-0,09	0,17
ΔELLS-ППф-ОГ	-0,03	0,28	-0,13	0,09
ΔELLS-ППф-ЗГ	0,05	0,03	0,07	0,07
ΔELLS-ППс-ОГ	0,13	0,06	-0,10	0,18
ΔELLS-ППс-ЗГ	0,21	-0,17	-0,06	-0,10
ΔЛСС-ОГ	-0,08	0,06	0,03	0,17
ΔЛСС-ЗГ	-0,21	0,26	-0,18	0,19
ΔЛСС-ЗОС2	-0,12	0,26	-0,06	0,20
ΔЛСС-ЗОС32	-0,11	0,40*	-0,05	0,42*
ΔЛСС-ППф-ОГ	-0,03	0,08	-0,07	-0,25
ΔЛСС-ППф-ЗГ	-0,02	0,07	-0,17	0,04
ΔЛСС-ППс-ОГ	0,06	-0,14	0,11	-0,13
ΔЛСС-ППс-ЗГ	0,12	0,23	0,27	0,18

Примечания:

- 1) Δ - изменение показателя за период октябрь-январь;
- 2) */** - $p < 0,05/0,01$.

3.3.3 Уровень физиологического стресса по данным variability сердечного ритма и гемодинамическим показателям в положении лежа у высококвалифицированных эстетических гимнасток

Состояние психофизиологического напряжения (стресса) можно оценить по данным variability ритма сердца в положении лежа и состоянии покоя. В специальной литературе для этой цели предлагается использовать SI по Р.М. Баевскому, показатели ВСР, отражающие соотношение симпатических и парасимпатических влияний на ритм сердца: отношение LF/HF, а также парасимпатические индексы SDNN и RMSSD [1, 98, 159].

Оценка взаимосвязей между показателями стресса, определённых по данным ВСП, и по опроснику RESTQ–SPORT показала, что в октябре не выявлено корреляций между показателями субъективного восприятия стресса с показателями ВСП (Таблица 22).

Таблица 22 – Корреляции Пирсона (r) показателей психофизического стресса, определенных с помощью опросника RESTQ–SPORT, с показателями стресса по данным ВСП в октябре

Показатели	Общий стресс	Общее восстановление	Спортивный стресс	Спортивное восстановление
Стресс индекс (SI) отн. ед.	0,20	0,04	-0,12	0,12
LF/HF, усл. ед.	0,11	0,12	0,20	-0,14
RMSSD, мс	-0,13	-0,06	-0,06	-0,02
TP, мс ²	-0,20	-0,06	0,05	-0,18
SDNN, мс	-0,20	-0,03	0,05	-0,13
СРПВ, м/с	0,11	0,02	-0,14	0,15

В январе отмечались слабые корреляции между психофизическими и физиологическими стрессовыми показателями (Таблица 23), в апреле также выявленные корреляции были немногочисленные и невысокие (Таблица 24).

Таблица 23 – Корреляции Пирсона (r) показателей психофизического стресса, определенных с помощью опросника RESTQ–SPORT-77, с показателями стресса по данным ВСП в январе

Показатели	Общий стресс	Общее восстановление	Спортивный стресс	Спортивное восстановление
Стресс индекс (SI) отн. ед.	0,35*	-0,28''	0,04	-0,28''
LF/HF, усл. ед.	0,16	-0,16	0,27''	0,02
RMSSD, мс	-0,41**	0,39*	-0,11	0,32*
TP, мс ²	-0,31''	0,18	-0,04	0,18
SDNN, мс	-0,24	0,13	0,00	0,15
СРПВ, м/с	0,06	-0,16	-0,14	-0,07

Примечание – “/*/**” - $p < 0,1/0,05/0,01$.

Таким образом, хотя между разными методами оценки стресса отмечались достоверные корреляции, среди которых можно выделить слабые

корреляции с LF, SI и RMSSD с величинами «Общего стресса», но данные методики отражают разные аспекты стрессового напряжения у спортсменов.

Таблица 24 – Корреляции Пирсона (r) показателей психофизического стресса, определенных с помощью опросника RESTQ-SPORT, с показателями стресса по данным ВСР в апреле

Показатели	Общий стресс	Общее восстановление	Спортивный стресс	Спортивное восстановление
Стресс индекс (SI) отн. ед.	0,20	-0,13	0,06	-0,14
LF/HF, усл. ед.	0,43**	-0,10	0,38*	-0,22
RMSSD, мс	-0,30''	0,17	-0,14	0,29''
TP, мс ²	-0,18	0,05	0,04	0,02
SDNN, мс	-0,17	0,06	0,00	0,05
СРПВ, м/с	0,19	-0,22	0,12	-0,18

Примечание – “/*/** - $p < 0,1/0,05/0,01$.

У спортсменок МС и КМС в начале (октябрь) и середине (январь) сезона уровень ЧСС был ниже ($p < 0,05$ для КМС и МС), чем в ГК (Таблица 25), указывая на явление спортивной брадикардии у спортсменок, часто отмечаемое в литературе [9]. Уровни систолического, диастолического и среднего артериального давления, в целом, не различались между группами, указывая на нормальное состояние (по данным ВОЗ) центральной гемодинамики.

Показатель общей ВСР (SDNN) у гимнасток МС был повышен в октябре ($p < 0,05$), январе ($p < 0,01$), а у спортсменок КМС повышен в октябре ($p < 0,01$) и апреле ($p < 0,05$) по сравнению с ГК, отражая типичное повышение парасимпатических влияний на сердце в состоянии покоя у высоко тренированных спортсменок. Однако индекс SDNN снижался у гимнасток МС в апреле по сравнению с январем, отражая снижение вагусных влияний на сердце, что может указывать на накопление физиологического стресса.

Уровень парасимпатического индекса RMSSD у гимнасток МС и КМС был выше, чем в ГК во все периоды наблюдений ($p < 0,01-0,05$). Однако можно отметить снижение RMSSD у гимнасток МС в апреле по сравнению с январем на 14,7 мс ($p < 0,05$), что указывает на снижение тонуса сердечного вагуса и

увеличение симпатических влияний, отражая нарастание физиологического стресса.

Спектральные индексы различались между группами. В целом, ТР была повышена в обеих группах спортсменок в октябре. К январю оставалась существенно выше в группе МС, но снижалась относительно октября ($p < 0,01$) в группе КМС. К апрелю, напротив, ТР снижалась в группе МС ($p < 0,05$), но увеличивалась в группе КМС ($p < 0,01$).

Индекс симпато-вагусного баланса LF/HF не проявил существенных изменений в группе КМС (поскольку мощности и HF и LF снижались к концу года), но снижался в апреле в группе МС (за счёт большего снижения LF, $p < 0,05$) по сравнению с январем. Снижение LF/HF (за счёт большего снижения LF, чем HF) наблюдалось к концу сезона, к апрелю, также в группе ГК,

В целом, динамика показателей ВСР указывает на повышенный уровень парасимпатических влияний на сердце (на что указывает сниженный уровень ЧСС и повышенные уровни RMSSD, SDNN и TP) у гимнасток КМС и МС в октябре и январе. Однако к концу сезона в группе МС отмечалось существенное снижение этих индексов, а также прирост SI, что указывает на снижение парасимпатических влияний на сердце и/или увеличение симпатических воздействий на кардиоритм у МС, что также свидетельствует о повышении психофизиологического стресса к апрелю у гимнасток МС. В группе КМС можно выделить тенденцию к снижению вариабельности и, следовательно, парасимпатических влияний в середине сезона (январе), что можно характеризовать как увеличение признаков стресса в этом периоде сезона (январь).

Отличий между группами по СРПВ, как показателя симпатических влияний на сосудистую систему (чем выше СРПВ, тем выше жесткость стенки сосудов и уровень стресса), хотя некоторые изменения СРПВ в группе МС отмечались.

Таблица 25 – Вариабельность сердечного ритма и артериальное давление у эстетических гимнасток высокой квалификации в положении лежа

Показатели	МС (n=12)	КМС (n=12)	ГК (n=14)	ANOVA Kruskal-Wallis
	Median Q25–Q75	Median Q25–Q75	Median Q25–Q75	p
ЧСС, уд/мин				
октябрь 2023 г	63,1 [55,10–68,50]*	63,1 [57,05–66,10]*	72,9 [66,80–77,80]	0,032
январь 2024 г	65,4 [55,10–66,20]*	60,6 [59,10–72,95]*	76,9 [72,50–78,60]	0,034
апрель 2024 г	63,7 [57,10–69,80]	60,4 [56,25–69,50]*	68,6 [65,80–79,40]	0,128
САД, мм.рт.ст.				
октябрь 2023 г	101 [105,5–111,5]	111 [106,5–117,0]	110 [104,5–114,0]	0,843
январь 2024 г	105 [101,0–107,0]^	111 [106,0–115,3]	108 [102,0–122,0]	0,070
апрель 2024 г	107 [103,0–110,5]	112 [106,3–114,5]	107 [102,0–111,0]	0,375
ДАД, мм.рт.ст.				
октябрь 2023 г	68 [63,50–71,00]	70 [64,25–72,00]	65 [63,50–70,50]	0,766
январь 2024 г	65 [62,50–65,00]	66 [59,25–69,75]	68 [64,00–72,50]	0,32
апрель 2024 г	67 [65,50–68,00]	67 [60,25–73,00]	69 [63,50–73,00]	0,93
ПД, мм.рт.ст.				
октябрь 2023 г	43 [36,50–46,50]	41,5 [39,50–47,25]	42,5 [38,00–48,00]	0,92
январь 2024 г	40,5 [36,50–42,50]^	44 [40,75–48,75]	40,5 [38,00–43,50]	0,094
апрель 2024 г	40 [38,50–44,00]	44 [40,75–45,75]*	40 [35,00–41,00]	0,083
АДС, мм.рт.ст.				
октябрь 2023 г	81 [77,67–84,67]	85 [77,17–86,42]	80 [76,50–85,17]	0,75
январь 2024 г	78 [75,50–78,67]	81 [75,83–84,75]	79 [77,50–87,67]	0,28
апрель 2024 г	80 [79,00–81,00]	81 [76,83–86,33]	80 [75,33–85,67]	0,905
RMSSD, мс				
октябрь 2023 г	85,00 [63,30–94,6]**	89,25 [57,45–117,9]**	43,00 [37,80–60,2]	0,005
январь 2024 г	79,30 [60,90–100,8]**	68,60 [52,90–109,8]**	43,00 [27,70–54,3]	0,002
апрель 2024 г	64,60 [49,10±89,0]* я	83,80 [57,80±110,9]**	49,80 [30,10±58,3]	0,021

Продолжение таблицы 25 – Вариабельность сердечного ритма и артериальное давление у эстетических гимнасток высокой квалификации в положении лежа

Показатели	МС (n=12)	КМС (n=12)	ГК (n=14)	ANOVA Kruskal-Wallis
	Median Q25–Q75	Median Q25–Q75	Median Q25–Q75	p
SDNN, мс				
октябрь 2023 г	70,50 [57,60–85,40]*	72,00 [58,15–86,10]**	57,30 [38,40–67,90]	0,062
январь 2024 г	70,40 [58,90–77,10]**	57,75 [45,10–77,15]о	43,00 [37,10–59,70]	0,006
апрель 2024 г	61,50 [49,30–76,40]о я	70,55 [48,35–87,20]*	52,70 [33,50–56,60]	0,206
Стресс индекс (SI), отн. ед				
октябрь 2023 г	47,80 [35,60–68,7]*	40,15 [29,80–72,0]*	95,10 [65,60–144,7]	0,018
январь 2024 г	46,1 [37,90–59,1]**	61,3 [32,95–101,8]*	109,1 [86,70–190,0]	0,016
апрель 2024 г	60,20 [40,10–119,2]я	40,50 [31,65–102,6]*	82,70 [55,20–225,9]	0,083
TP, мс ²				
октябрь 2023 г	3018,6 [1768,3–6875,6]*	5147,6 [2322,1–9331,8]*	2441,0 [1152,4–3316,7]	0,075
январь 2024 г	4210,4 [2806,1–5930,9]**	2191,7 [1433,0–5378,8]оо	1269,5 [785,0–2915,4]	0,006
апрель 2024 г	2765,5 [2066,8–4083,6]я	3743,4 [1725,1–5447,4]о	2467,6 [1041,4–3273,0]	0,67
HF, мс ²				
октябрь 2023 г	1613,2 [1090,3–3561,5]	2299,5 [1130,6–3874,5]*	973,9 [590,3–1406,6]	0,050
январь 2024 г	1671,2 [1201,5–2359,6]*	1671,1 [923,2–3198,4]*о	749,3 [411,7–1668,5]	0,028
апрель 2024 г	1578,9 [1066,1–2097,3]	1729,5 [1324,8–3547,0]*	728,1 [457,2–1342,9]	0,066
LF, мс ²				
октябрь 2023 г	1034,4 [494,4–1915,3]	1808,7 [497,6–3030,2]	515,0 [446,1–1400,9]	0,17
январь 2024 г	1766,5 [747,0–3388,2]**	385,4 [273,1–1950,5]оо	446,1 [202–644,5]	0,012
апрель 2024 г	600,1 [423,6±838,0]я	647,4 [276,±865,8]оо	666,1 [241,8±1551,2]	0,958
VLF, мс ²				
октябрь 2023 г	345,4 [153,1–543,4]	521,3 [224,1–1282,4]	319,7 [160,5–524,4]	0,31
январь 2024 г	338,7 [245,9–1125,2]	195,1 [135,9–477,0]о	143,3 [119,3–394,6]	0,14
апрель 2024 г	521,8 [187,0–786,4]	263,2 [93,7–1306,6]	224,9 [139,6–305,6]	0,26

Окончание таблицы 25 – Вариабельность сердечного ритма и артериальное давление у эстетических гимнасток высокой квалификации в положении лежа

Показатели	МС (n=12)	КМС (n=12)	ГК (n=14)	ANOVA Kruskal-Wallis
	Median Q25–Q75	Median Q25–Q75	Median Q25–Q75	p
LF/HF, усл.ед.				
октябрь 2023 г	0,492 [0,369–0,769]	0,665 [0,491–0,916]	0,796 [0,440–0,945]	0,78
январь 2024 г	0,958 [0,375–1,720]	0,476 [0,225–0,691]	0,526 [0,375–0,918]	0,18
апрель 2024 г	0,408 [0,280–0,633]*	0,358 [0,123–0,990]	0,464 [0,369–1,571]о я	0,296
СРПВ, м/с				
октябрь 2023 г	4,300 [4,000–4,500]	4,300 [4,050–4,450]	4,300 [4,100–4,500]	0,93
январь 2024 г	4,000 [3,800–4,100]оо	4,200 [3,900–4,450]	4,100 [4,000–4,300]	0,26
апрель 2024 г	4,200 [3,800–4,300]	4,250 [3,950–4,550]	4,200 [4,000–4,400]	0,46

Примечания:

- 1) */** - $p < 0,05/0,01$ vs группой «Контроль»;
- 2) о/оо - $p < 0,05/0,01$ vs Октябрь;
- 3) я - $p < 0,05$ vs Январь;
- 4) ^ - $p < 0,05$ vs КМС.

3.3.4 Корреляции показателей физиологического стресса, рассчитанных по данным ВСР в положении лежа, с показателями постуральной устойчивости в октябре в общей группе обследованных испытуемых

Для оценки физиологического стресса использовались показатели ВСР, которые по данным литературы [159] косвенно отражают степень напряжения автономных (рост симпатических и/или снижение парасимпатических) влияний на ритм сердца и, следовательно, могут использоваться как косвенные показатели стресса. Мы придерживались следующей зависимости, обоснованной в работах [1, 98]: чем меньше общая ВСР (TP, SDNN), а также индекс парасимпатических влияний – RMSSD, и выше индексы симпатическо-парасимпатического отношения (LF/HF), а также стресс-индекс P. Баевского

(SI), то тем выше симпатические влияния на ритм сердца и выше физиологический стресс в состоянии покоя.

Таблица 26 – Корреляции Спирмена показателей стресс-индексов, рассчитанных по ВСР, с показателями поструральной устойчивости в октябре в общей группе испытуемых (n=38)

Показатели поструральной устойчивости	Показателей психофизического стресса в октябре, n=38					
	SI (отн.ед)	LF/HF	RMSSD, мс	TP, мс ²	SDNN, мс	СРПВ, м/с
ELLS-ОГ	0,11	0,07	-0,20	-0,06	-0,10	-0,04
ELLS-ЗГ	0,10	0,14	-0,24	-0,05	-0,06	0,17
ELLS-ЗОС2	-0,03	0,43**	-0,21	0,07	0,04	0,13
ELLS-ЗОС32	-0,14	-0,06	0,12	0,22	0,28	-0,04
ELLS-ППф-ОГ	-0,09	-0,04	0,01	0,13	0,11	0,16
ELLS-ППф-ЗГ	0,14	0,14	-0,12	-0,20	-0,17	0,22
ELLS-ППс-ОГ	-0,03	-0,18	0,11	0,01	0,03	-0,03
ELLS-ППс-ЗГ	0,00	0,47**	-0,16	0,14	0,05	0,11
ЛСС-ОГ	-0,04	0,15	-0,07	0,10	0,06	0,04
ЛСС-ЗГ	-0,04	0,22	-0,11	0,16	0,12	0,16
ЛСС-ЗОС2	-0,25	0,44**	0,10	0,38*	0,31	-0,18
ЛСС-ЗОС32	-0,13	-0,01	0,14	0,29	0,29	-0,13
ЛСС-ППф-ОГ	0,06	0,12	0,09	0,08	0,00	-0,02
ЛСС-ППф-ЗГ	0,01	0,15	0,01	-0,11	-0,05	0,14
ЛСС-ППс-ОГ	0,05	-0,05	0,00	0,02	-0,01	-0,08
ЛСС-ППс-ЗГ	0,00	0,43*	-0,01	0,08	0,02	-0,04

Примечания:

- 1) ELLS – доверительная площадь колебаний ОЦД;
- 2) ЛСС – линейная средняя скорость колебаний ОЦД;
- 3) ОГ – открытые глаза;
- 4) ЗГ – закрытые глаза;
- 5) ЗОС2/32 – тест со зрительной обратной связью с увеличенным масштабом отображаемых колебаний ОЦД на компьютере в 2 или 32 раза;
- 6) ППф/с – тест на пресс-папье, подвижном по фронтالي / сагиттали;
- 7) */** - $p < 0,05/0,01$.

Корреляционный анализ в общей группе показал, что в октябре отмечались положительные корреляции индекса LF/HF с ELLS ($r=0,43$; $p<0,01$)

и ЛСС ($r=0,44$; $p<0,01$) в тесте с ЗОС2, а также с ELLS ($r=0,47$; $p<0,01$) и ЛСС ($r=0,43$; $p<0,01$) в стойке на пресс-папье по сагиттали с ЗГ (Таблица 26), что позволяет предположить связи сниженной устойчивости позы в сложных тестовых условиях (ЗОС) и подвижной пресс-папье с ЗГ с повышенными симпатическими влияниями на ритм сердца, то есть уровнем физиологического стресса. Однако учитывая отсутствие различий по индексу LF/HF между группами в октябре, эти корреляции не могут объяснить выявленные различия в постуральной устойчивости (повышенные скорости и площади колебаний ОЦД в стойке на СТП с ЗГ, на ППф и в тесте со ЗОС32).

Корреляции показателей физиологического стресса, рассчитанных по данным ВСР в положении лежа, с показателями постуральной устойчивости в январе в общей группе обследованных испытуемых. Корреляционный анализ в общей группе на втором этапе, в январе, в целом, показал сходные с октябрьским анализом результаты. Индекс LF/HF положительно коррелировал с ELLS в стойке на СТП с ЗГ ($r=0,33$; $p<0,05$), в тесте ЗОС2 ($r=0,36$; $p<0,05$), а также ЛСС в стойке с ОГ ($r=0,50$; $p<0,01$), в тесте ЗОС2 ($r=0,37$; $p<0,05$) и ЗОС32 ($r=0,38$; $p<0,05$) (Таблица 27), свидетельствуя о взаимосвязи сниженной устойчивости позы в этих тестах с активностью симпатических влияний на сердце, подтверждая роль стресса в качестве фактора, модулирующего постуральную устойчивость. При этом нужно обратить внимание на несущественно повышенный уровень LF/HF в группе МС (0,958 ед в МС vs 0,526 в ГК, $p>0,1$). Вместе с тем, нами выявлены и противоречивые нашей гипотезе корреляции, в частности RMSSD ($r=0,39$; $p<0,05$), TP ($r=0,33$; $p<0,05$) и SDNN ($r=0,37$; $p<0,05$) положительно коррелировали с ЛСС-ППс-ЗГ, а SI отрицательно ($r=-0,39$; $p<0,05$) коррелировал с ЛСС-ППс-ЗГ, что указывает на «парадоксально» повышенные колебания ОЦД в стойке на ППс с ЗГ у спортсменок с повышенным уровнем ВСР и предположительно сниженной симпатической активностью и «физиологическим стрессом».

Анализ корреляций между изменением ВСР-показателей стресса и изменением показателей постуральной устойчивости за период октябрь-январь

не выявило существенных связей (Таблица 28), за исключением положительной корреляции между Δ СРПВ и Δ ELLS-ППф-ОГ ($r=0,33$; $p<0,05$), указывая на эффекты прироста «сосудистого стресса» в снижении устойчивости на ППф с ОГ. Однако эта корреляция скорее исключение, а не правило.

Таблица 27 – Корреляции Спирмена показателей стресс-индексов, рассчитанных по ВСР, с показателями постуральной устойчивости в январе в общей группе испытуемых

Показатели постуральной устойчивости	Показатели психофизического стресса в январе, n=38					
	SI (отн.ед)	LF/HF	RMSSD, мс	TP, мс ²	SDNN, мс	СРПВ, м/с
ELLS-ОГ	-0,11	0,26	0,03	0,02	0,01	-0,17
ELLS-ЗГ	-0,10	0,33*	0,12	0,12	0,09	-0,05
ELLS-ЗОС2	-0,02	0,36*	-0,02	0,13	0,06	0,04
ELLS-ЗОС32	-0,27	0,24	0,21	0,22	0,25	0,05
ELLS-ППф-ОГ	0,09	0,27	-0,18	-0,04	-0,06	0,07
ELLS-ППф-ЗГ	-0,20	-0,05	0,18	0,14	0,17	0,23
ELLS-ППс-ОГ	-0,13	0,23	0,08	0,10	0,07	-0,23
ELLS-ППс-ЗГ	-0,19	0,20	0,09	0,12	0,18	0,06
ЛСС-ОГ	-0,14	0,50**	0,09	0,12	0,13	-0,23
ЛСС-ЗГ	-0,17	0,28	0,23	0,13	0,16	-0,06
ЛСС-ЗОС2	-0,06	0,37*	0,08	0,12	0,13	-0,23
ЛСС-ЗОС32	-0,09	0,38*	0,04	0,05	0,08	-0,07
ЛСС-ППф-ОГ	0,25	0,14	-0,15	-0,16	-0,17	-0,17
ЛСС-ППф-ЗГ	-0,20	0,05	0,25	0,15	0,15	-0,11
ЛСС-ППс-ОГ	-0,12	0,16	0,16	0,15	0,09	-0,30
ЛСС-ППс-ЗГ	-0,39*	0,21	0,39*	0,33*	0,37*	-0,20

Примечание – */** - $p<0,05/0,01$.

Корреляции показателей физиологического стресса, рассчитанных по данным ВСР, с показателями постуральной устойчивости в апреле в общей группе обследованных спортсменов. Анализ корреляций между показателями физиологического стресса, рассчитанных по данным ВСР, с показателями постуральной устойчивости в апреле, показал сходные с предыдущими этапами обследования тенденции (Таблица 29). Индекс симпато-вагусного отношения, LF/HF, положительно коррелировал с ЛСС в тесте ЗОС32 ($r=0,34$; $p<0,05$), в

стойке на ППф с ОГ ($r=0,53$; $p<0,01$) и на ППф с ЗГ ($r=0,33$; $p<0,05$), а также в стойке на ППс с ОГ ($r=0,40$; $p<0,05$). Эти корреляции подтверждают связь повышенной устойчивости позы (низких ЛСС, маркера активности регуляции) с низким соотношением симпато-вагусных влияний на сердце, то есть с автономным индексом стресса - LF/HF. Однако индекс LF/HF не отличался между группами, а значит, не может объяснять различий в постуральной устойчивости между спортсменками МС и ГК.

Таблица 28 – Корреляции Спирмена между изменениями показателей стресс-индексов ВСР с изменением показателей постуральной устойчивости за период октябрь-январь в общей группе испытуемых

Изменение показателей постуральной устойчивости за октябрь-январь	Изменение показателей стресса на основе ВСР за период октябрь-январь					
	Δ SI, %	Δ LF/HF, %	Δ ЧСС, %	Δ RMSSD, %	Δ TP, %	Δ SDNN, %
Δ ELLS-ОГ, %	0,11	0,18	-0,11	-0,15	-0,14	0,03
Δ ELLS-ЗГ, %	0,17	0,11	-0,21	-0,10	-0,07	-0,27
Δ ELLS-ЗОС2, %	0,06	0,24	-0,11	0,12	-0,03	0,02
Δ ELLS-ЗОС32, %	0,01	-0,24	0,10	-0,05	-0,07	0,05
Δ ELLS-ППф-ОГ, %	-0,01	-0,16	-0,11	-0,06	-0,06	0,33*
Δ ELLS-ППф-ЗГ, %	-0,14	-0,29	0,11	0,04	0,14	0,15
Δ ELLS-ППс-ОГ, %	-0,14	0,16	-0,01	0,13	0,01	-0,01
Δ ELLS-ППс-ЗГ, %	-0,18	0,29	0,26	0,29	0,24	-0,06
Δ ЛСС-ОГ, %	0,08	0,24	-0,17	-0,06	-0,14	0,00
Δ ЛСС-ЗГ, %	0,16	0,05	-0,10	-0,14	-0,15	-0,12
Δ ЛСС-ЗОС2, %	0,11	0,24	-0,17	0,10	-0,06	0,06
Δ ЛСС-ЗОС32, %	0,01	-0,21	0,14	-0,06	-0,10	-0,11
Δ ЛСС-ППф-ОГ, %	0,05	-0,04	-0,01	-0,10	-0,17	0,19
Δ ЛСС-ППф-ЗГ, %	0,11	0,25	-0,13	0,07	-0,06	0,10
Δ ЛСС-ППс-ОГ, %	0,21	-0,07	-0,26	-0,19	-0,19	0,05
Δ ЛСС-ППс-ЗГ, %	0,16	-0,12	-0,08	-0,14	-0,23	-0,01

Примечание – * - $p<0,05$.

Таблица 29 – Корреляции Спирмена показателей стресс-индексов, рассчитанных по ВСР, с показателями поструральной устойчивости в апреле в общей группе испытуемых

Показатели поструральной устойчивости	Показатели психофизического стресса в апреле, n=38					
	SI (отн.ед)	LF/HF	RMSSD, мс	TP, мс ²	SDNN, мс	СРПВ, м/с
ELLS-ОГ	-0,11	-0,03	0,08	0,08	0,06	0,17
ELLS-ЗГ	0,10	0,20	0,00	-0,04	-0,04	0,02
ELLS-ЗОС2	-0,07	0,17	0,10	0,16	0,11	0,15
ELLS-ЗОС32	-0,07	0,23	0,04	0,10	0,08	0,15
ELLS-ППф-ОГ	-0,12	0,24	0,11	0,10	0,12	0,04
ELLS-ППф-ЗГ	-0,02	0,04	-0,05	-0,02	0,01	0,10
ELLS-ППс-ОГ	-0,25	0,27	0,24	0,24	0,22	-0,08
ELLS-ППс-ЗГ	-0,27	-0,25	0,25	0,17	0,16	0,08
ЛСС-ОГ	-0,01	0,16	0,01	-0,02	-0,04	-0,07
ЛСС-ЗГ	0,13	0,21	-0,04	-0,07	-0,08	-0,16
ЛСС-ЗОС2	0,02	0,31	0,02	0,06	0,01	-0,10
ЛСС-ЗОС32	0,08	0,34*	-0,02	-0,03	-0,05	-0,07
ЛСС-ППф-ОГ	0,19	0,53**	-0,22	-0,16	-0,16	-0,10
ЛСС-ППф-ЗГ	0,14	0,33*	-0,23	-0,15	-0,13	-0,06
ЛСС-ППс-ОГ	-0,03	0,40*	0,05	0,04	0,00	-0,25
ЛСС-ППс-ЗГ	-0,12	-0,01	0,17	0,09	0,06	0,03

Примечание – */** - $p < 0,05/0,01$.

Корреляционный анализ выявил существенные связи изменений поструральных показателей с изменением стресс-индексов на основе ВСР за период январь-апрель (Таблица 30). Так, ΔSI ($r=0,33$; $p < 0,05$), $\Delta RMSSD$, ($r=-0,40$; $p < 0,05$; Рис. 18а) коррелировали с $\Delta ELLS$, а также ΔSI ($r=0,45$; $p < 0,01$), $\Delta RMSSD$ ($r=-0,52$; $p < 0,05$; Рис. 18б), ΔTP ($r=-0,35$; $p < 0,05$) и $\Delta SDNN$ ($r=-0,37$; $p < 0,05$) коррелировали с $\Delta ЛСС-СТП-ЗГ$, указывая на роль повышения физиологического стресса в повышении ELLS и ЛСС в стойке на СТП с ЗГ. Важно отметить, что у спортсменок МС SI-индекс увеличивался, а RMSSD, TP

и SDNN снижались, а ELLS и ЛСС в стойке на СТП с 3Г увеличивались и становились в группе МС выше, чем в ГК. Кроме того, прирост СРПВ в этом периоде цикла коррелировал с увеличением Δ ELLS-ОГ ($r=0,37$; $p<0,05$) и Δ ELLS-ЗОС32 ($r=0,43$; $p<0,01$) в этих тестах. Полученные результаты позволяют предположить, что повышение физиологического стресса, идентифицированного по снижению индексов ВСР в этом периоде (январь-апрель), у спортсменок МС могло вносить вклад в снижение у них показателей постуральной устойчивости.

Таблица 30 – Корреляции Спирмена между изменениями показателей стресс-индексов ВСР с изменением показателей постуральной устойчивости за период январь-апрель в общей группе испытуемых

Изменение показателей постуральной устойчивости за январь-апрель	Изменение показателей стресса на основе ВСР за период январь-апрель						
	Δ SI, %	Δ LF/HF, %	Δ ЧСС, %	Δ RMSSD, %	Δ TP, %	Δ SDNN, %	Δ СРПВ, %
Δ ELLS-ОГ, %	0,19	-0,06	0,00	-0,27	-0,15	-0,21	0,37*
Δ ELLS-3Г, %	0,33*	0,28	0,26	-0,40*	-0,20	-0,20	0,19
Δ ELLS-ЗОС2, %	-0,10	0,16	-0,02	-0,11	0,03	0,07	0,06
Δ ELLS-ЗОС32, %	-0,08	0,18	-0,19	0,05	0,19	0,14	0,43**
Δ ELLS-ППф-ОГ, %	0,25	0,09	0,30	-0,26	-0,28	-0,22	-0,08
Δ ELLS-ППф-3Г, %	0,13	-0,28	0,02	0,03	-0,21	-0,12	-0,23
Δ ELLS-ППс-ОГ, %	-0,01	0,09	0,00	-0,03	0,11	0,06	0,26
Δ ELLS-ППс-3Г, %	0,00	0,02	-0,07	0,04	0,04	-0,03	-0,15
Δ ЛСС-ОГ, %	0,26	-0,09	0,28	-0,27	-0,24	-0,23	0,14
Δ ЛСС-3Г, %	0,45**	0,07	0,47* *	-0,52**	- 0,35*	-0,37*	0,16
Δ ЛСС-ЗОС2, %	0,09	0,01	-0,04	-0,12	-0,08	-0,10	-0,01
Δ ЛСС-ЗОС32, %	-0,10	-0,04	-0,23	0,18	0,11	0,13	0,19
Δ ЛСС-ППф-ОГ, %	0,24	0,09	0,35*	-0,30	-0,22	-0,24	-0,30
Δ ЛСС-ППф-3Г, %	0,03	-0,16	-0,16	-0,03	-0,06	-0,12	0,05
Δ ЛСС-ППс-ОГ, %	-0,12	-0,19	-0,16	0,06	-0,03	-0,04	-0,29
Δ ЛСС-ППс-3Г, %	-0,05	-0,19	-0,01	0,04	-0,03	-0,01	0,23

Примечание – */** - $p<0,05/0,01$.

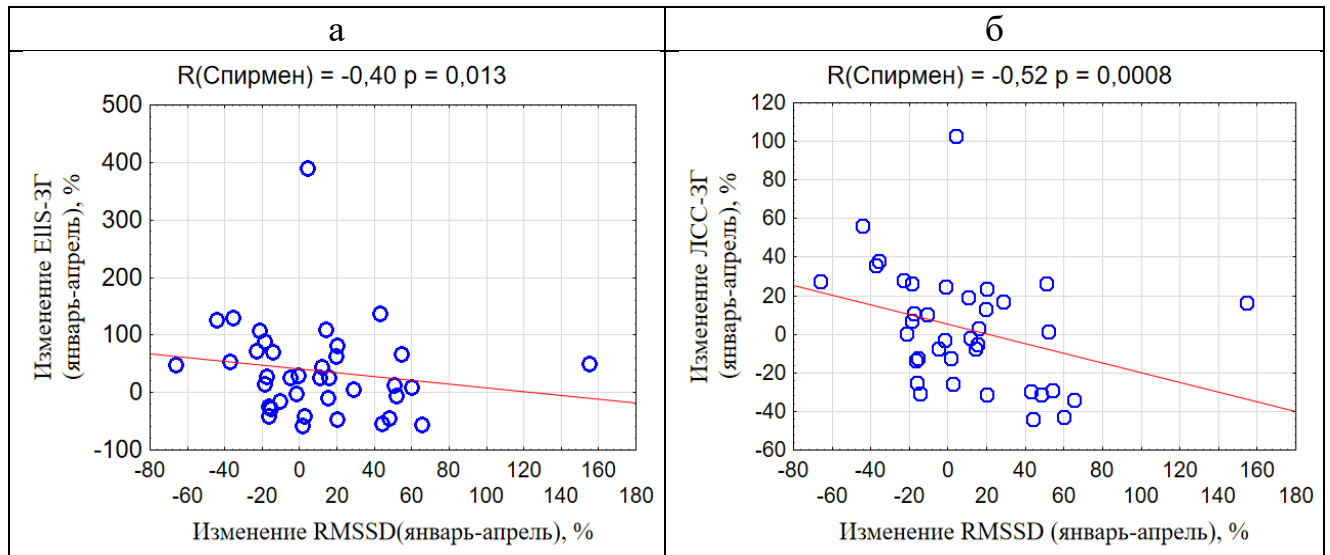


Рисунок 18 – Корреляции Спирмена между изменениями показателей стресс-индекса (Δ RMSSD) и изменениями ELLS и ЛСС за период январь-апрель в общей группе испытуемых: (а) - Корреляции Спирмена между Δ RMSSD и Δ ELLS-3Г за период с января по апрель; (б)- Корреляции Спирмена между Δ RMSSD и Δ ЛСС-3Г за период с января по апрель

Резюме по разделу «Динамика показателей психофизиологического стресса у эстетических гимнасток в течение соревновательного сезона».

1. Оценка психофизического стресса с помощью опросника *RESTQ-Sport* показала, что гимнастки МС не отличаются по «Спортивному стрессу» от других групп. Однако по категории «Спортивное восстановление» у гимнасток МС и КМС величины были больше, чем в ГК, указывая на субъективно высокий уровень восстановления спортсменок. Таким образом, по опроснику *RESTQ-Sport* спортсменки не испытывали большего психофизического стресса в течение сезона и этот показатель не мог объяснять сниженную постуральную устойчивость в некоторых тестах у гимнасток. Однако увеличение «Спортивного восстановления» в январе по сравнению с октябрём коррелировало с увеличением устойчивости позы в стойках на ППф с ОГ и ППф с 3Г, а увеличение «Спортивного стресса» положительно коррелировало с приростом ELLS в стойке на СТП с 3Г. Показатели субъективного стресса по опроснику *RESTQ-Sport*, а также изменения показателей стресса и восстановления в конце сезона не

коррелировали с показателями поструральной устойчивости или их изменениями за этот период. Таким образом, показатели психофизического стресса у гимнасток, определенных по опроснику, не могли объяснить изменения поструральной устойчивости в течение соревновательного сезона.

2. Оценка физиологического стресса с помощью показателей ВСР показала, что в начале сезона у гимнасток обеих групп уровни ВСР были выше без различий по индексу LF/HF, указывая на меньшую активность симпатических влияний на ритм сердца. При этом индекс LF/HF положительно коррелировал с показателями ELLS (в октябре: в стойке на ППс с ЗГ и в тесте со ЗОС2; в январе: в стойке на СТП с ЗГ и в тесте с ЗОС2) и ЛСС (в октябре: в стойке на ППс с ЗГ и в тесте со ЗОС2; в январе: в стойке на СТП с ОГ и в тесте с ЗОС2 и ЗОС32), указывая на возможное влияние физиологического стресса на регуляцию позы у спортсменок. В апреле снижение ВСР (RMSSD) и увеличение SI по Р. Баевскому коррелировало с увеличением ELLS и ЛСС в стойке на СТП с ЗГ, которые увеличивались у гимнасток МС в этот период соревновательного сезона. Эти корреляции позволяют предполагать, что накопление физиологического стресса, проявляющееся как рост симпатических влияний на сердце, могло оказывать влияние на снижение устойчивости позы в стойке на СТП с ЗГ у гимнасток МС в конце соревновательного сезона.

3.4 Взаимосвязь устойчивости вертикальной позы с подвижностью стоп и тактильной чувствительностью подошвы у высококвалифицированных гимнасток

В исследовании приняли добровольное участие 32 девушки, которые в соответствии с целью выявления возможной взаимосвязи устойчивости вертикальной позы с подвижностью стоп и тактильной чувствительностью подошвы были разделены на 2 группы. В первую группу «Гимнастки» (n=16) вошли высококвалифицированные спортсменки, занимающиеся эстетической

(n=9) и художественной (n=7) гимнастикой. Во вторую группу «Контроль» (ГК) (n=16) вошли бывшие спортсменки, у которых не было упражнений с направленностью на развитие подвижности стопы, а также на увеличение чувствительности подошвы стопы, в течение более 3 предшествующих лет: теннисистки (n=3), волейболистки (n=3), легкоатлетки (n=4), лыжницы (n=3) и представительницы гребли (n=2).

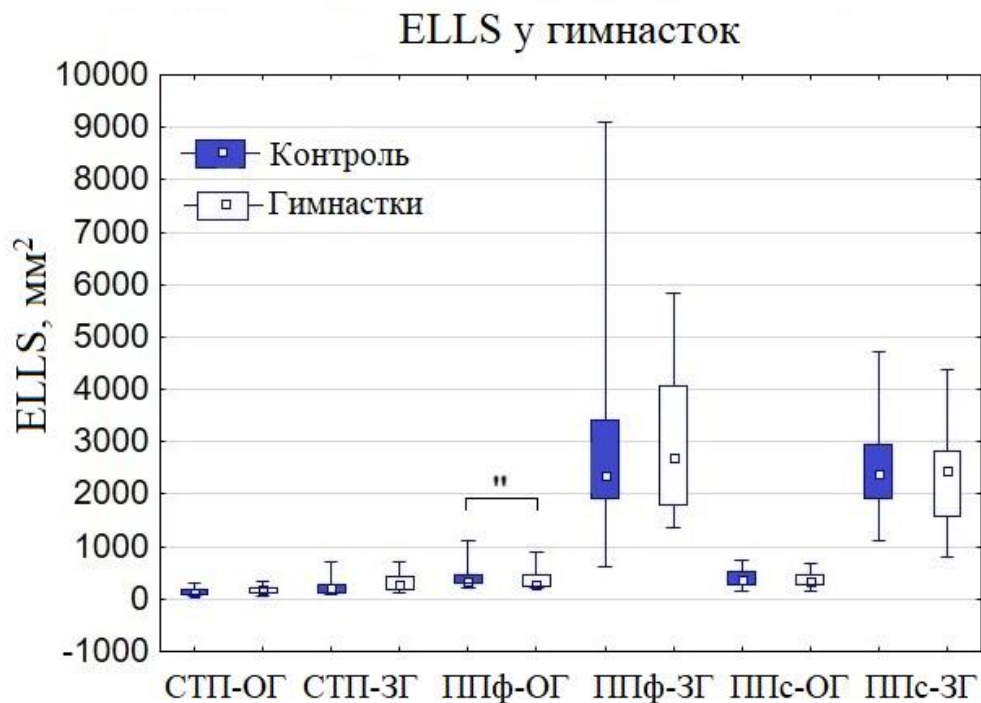
Гимнастки (Таблица 31) отличались большим спортивным стажем ($11,7 \pm 3,9$ у Гимнасток и $8,2 \pm 4,6$ лет в ГК, $p=0,026$) и средним объемом недельной тренировочной нагрузки ($10,5 \pm 5,5$ часов в ГК и $17,3 \pm 8,6$ часов у Гимнасток, $p=0,011$), а также тенденцией к меньшей массе тела ($62,2 \pm 9,5$ кг в ГК и $56,9 \pm 4,4$ кг у Гимнасток, $p=0,078$).

Таблица 31 – Некоторые антропометрические показатели, а также общие данные исследуемых девушек

Показатели	ГК (n=16)	Гимнастки (n=16)	p
Спортивный стаж, лет	$8,2 \pm 4,5$	$11,7 \pm 3,8$	0,026
Возраст, лет	$20,9 \pm 3,8$	$19,7 \pm 0,6$	0,213
Объем недельной тренировочной нагрузки, часов	$10,5 \pm 5,0$	$17,3 \pm 8,7$	0,011
Длина тела, см.	$168,9 \pm 8,1$	$165,7 \pm 5,7$	0,245
Масса тела, кг.	$62,2 \pm 9,4$	$56,9 \pm 4,4$	0,078

Устойчивость вертикальной позы в стойке на стабильной опоре. ELLS у гимнасток практически не отличалась от ГК в стойках на стабиллоплатформе и ПП (пресс-папье) (Рис. 19). Только в стойке на пресс-папье, подвижном по фронту, с ОГ выявлена тенденция к меньшей площади колебаний ОЦД у гимнасток по сравнению с ГК (Гимнастки: $352 [324-471]$ мм², vs ГК: $287 [241-363]$ мм², $U=78$, $p=0,062$). Однако ЛСС у гимнасток (Рис. 20) в стойке на

стабилоплатформе с ОГ (СТП-ОГ) (Гимнастки: 9,70 [7,93–12,4] мм/сек, vs ГК: 7,89 [6,62–8,3] мм/сек, $U=62,5$, $p=0,014$) и с ЗГ (Гимнастки: 15,2 [10,9–19,1] мм/сек, vs ГК: 11,8 [9,3 – 14,7] мм/сек, $U=74$, $p=0,044$) были выше, а в стойке на ППс-ОГ (Гимнастки: 19,2 [15,2–23,0] мм/сек vs ГК: 23,9 [20,4–26,6] мм/сек, $U=69$, $p=0,027$) – ниже, чем в ГК. Таким образом, устойчивость позы по площади колебаний у гимнасток практически во всех поструральных тестах не отличалась, а напряжение механизмов поддержания поструральной устойчивости, по данным скорости колебаний, в стойке на стабилоплатформе была выше и только на подвижном пресс-папье с ОГ – ниже, чем в группе ГК.



СТП-ОГ – стойка на стабильной платформе с открытыми глазами;

СТП-ЗГ – стойка на стабильной платформе с закрытыми глазами;

ППф-ОГ – стойка на пресс-папье, подвижном по фронтالي с открытыми глазами;

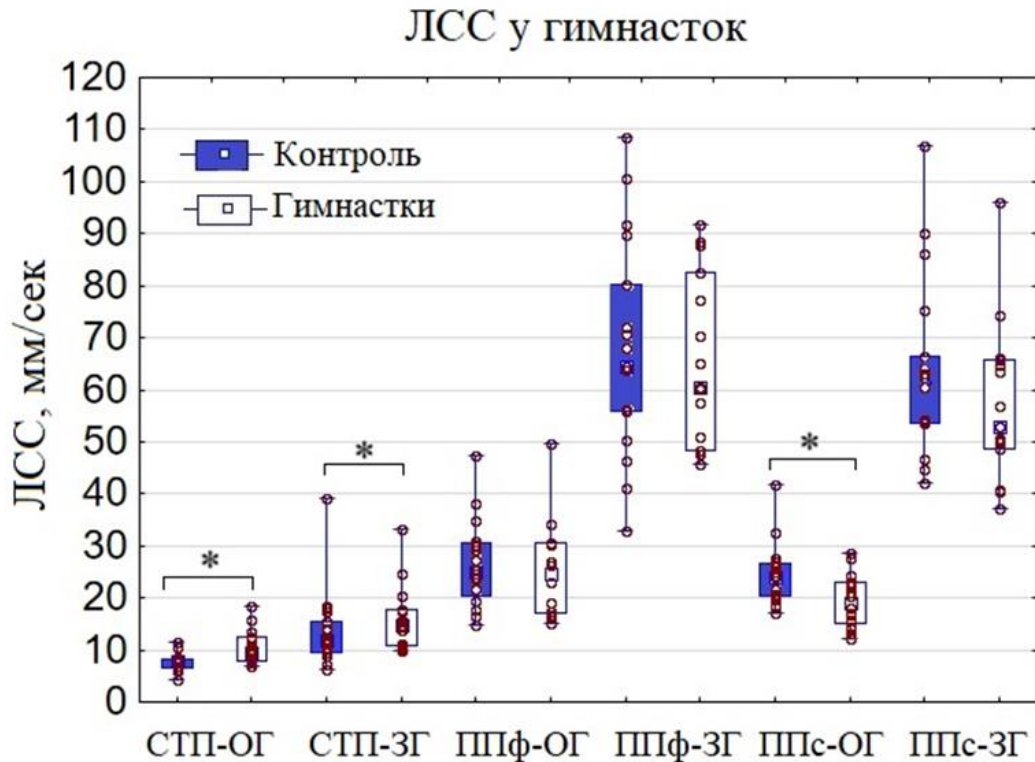
ППф-ЗГ – стойка на пресс-папье, подвижном по фронтали с закрытыми глазами;

ППс-ОГ – стойка на пресс-папье, подвижном по сагиттали с открытыми глазами;

ППс-ЗГ – стойка на пресс-папье, подвижном по сагиттали с закрытыми глазами;

“ – $p < 0,1$ vs группой «Контроль» в тесте ППф-ОГ

Рисунок 19 – Доверительная площадь колебаний ОЦД (ELLS) у гимнасток в поструральных тестах ($Me \pm 25\%Q - 75\%Q \pm Min - Max$).



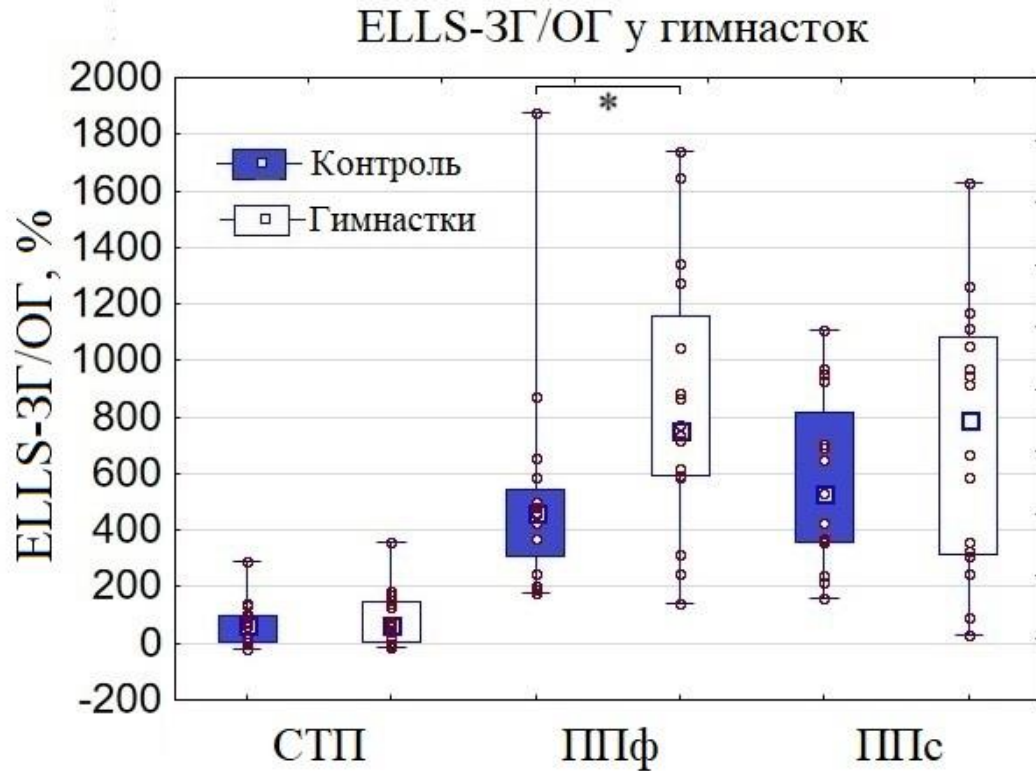
Обозначения соответствуют Рисунку 19

* – $p < 0,05$ vs группой «Контроль»

Рисунок 20 – Линейная средняя скорость колебаний ОЦД (ЛСС) у гимнасток в постуральных тестах ($Me \pm 25\%Q - 75\%Q \pm Min - Max$)

Степень прироста ELLS в стойках с ЗГ относительно стоек с ОГ в постуральных тестах (ELLS-ЗГ/ОГ). Степень прироста ELLS при удалении зрительной информации у гимнасток была выше, чем в ГК только в стойке на пресс-папье, подвижном по фронтали (Гимнастки: 754 [593–1160] % vs ГК: 461 [309–545] %, $U=63$, $p=0,015$; Рис. 21), в стойке на стабильной платформе и пресс-папье, подвижном по сагиттали, различий не было. Средний прирост ELLS в трёх стойках: на СТП, ППф и ППс – у гимнасток был выше, чем в ГК (Гимнастки: 559 [383–733] % vs ГК: 372 [249–440] %, $U=72$, $p=0,036$). Схожие данные получены по коэффициенту Ромберга, рассчитанного на основе ЛСС: у гимнасток прирост ЛСС в стойке на пресс-папье, подвижном по сагиттали, был выше, чем у спортсменок ГК (Гимнастки: 207 [166–266] % vs ГК: 153 [125–182] %, $U=63$, $p=0,015$; Рис. 22). Средний прирост ЛСС в трёх стойках: на СТП, ППф

и ППс – у гимнасток был выше, чем в ГК (Гимнастки: 144 [124–195] % vs ГК: 117 [95–135] %, $U=67$, $p=0,023$). Таким образом, увеличение стабیلോഗрафических показателей при лишении зрительной информации у гимнасток было выше, чем у спортсменок не гимнасток.



СТП – стойка на стабиллоплатформе;

ППф – стойка на пресс-папье, подвижном по фронтالي;

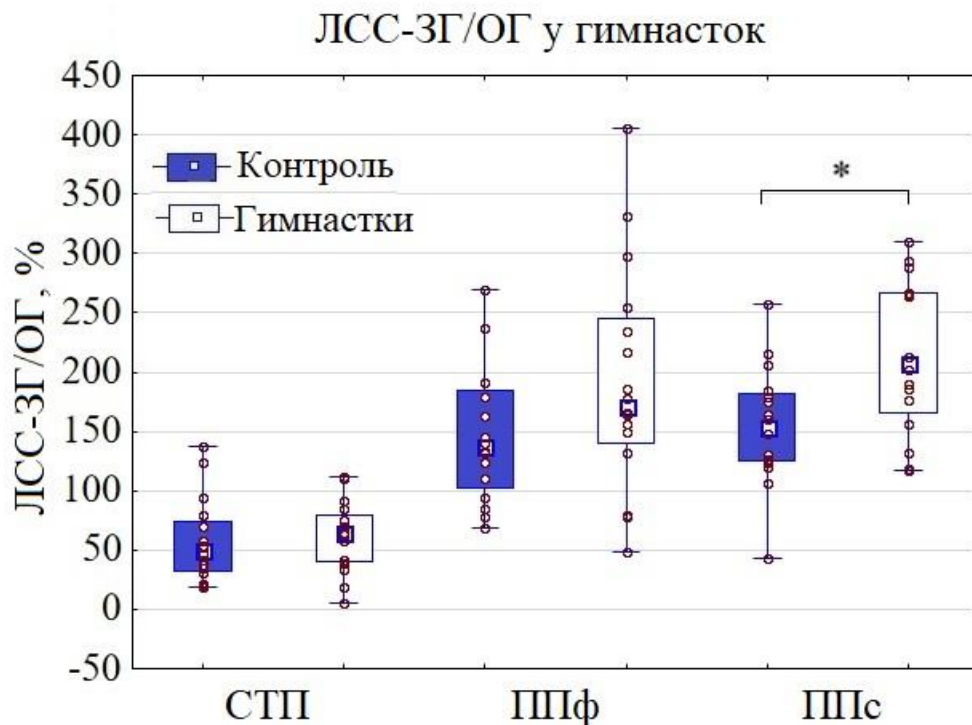
ППс – стойка на пресс-папье, подвижном по сагиттали;

* – $p < 0,05$ vs группой «Контроль»

Рисунок 21 – Степень прироста ELLS в стойке с 3Г относительно стойки с ОГ (ELLS-3Г/ОГ) в постуральных тестах у гимнасток

Степень прироста ELLS и ЛСС в стойках на подвижной пресс-папье относительно устойчивой стабиллоплатформы. Переход с устойчивой стабиллоплатформы на неустойчивый пресс-папье приводил к увеличению ELLS и ЛСС в группах. Приросты ELLS в стойках с ОГ на пресс-папье, подвижном по сагиттали (Гимнастки: 115 [40–213] % vs ГК: 139 [101–370] %, $U=83$,

$p=0,094$; Рис. 23) и фронтали (Гимнастки: 69 [14–219] % vs ГК: 230 [124–324] %, $U=66$, $p=0,020$; Рис. 23) у гимнасток были меньше, чем у спортсменок ГК. Прирост ELLS в стойках с 3Г на пресс-папье, подвижном по фронтали, у гимнасток не отличался, а на подвижном по сагиттали был ниже на уровне тенденции (Гимнастки: 752 [381–1237] % vs ГК: 1064 [837–1500] %, $U=80$, $p=0,073$; Рис. 23) по сравнению со спортсменками ГК. Средний уровень прироста ELLS, рассчитанный для всех четырех тестов на пресс-папье (ППф-ОГ, ППс-ОГ и ППф-3Г, ППс-3Г) у гимнасток не отличался от ГК (Гимнастки: 448 [290–810] % vs ГК: 697 [537–900] %, $U=86$, $p=0,118$).



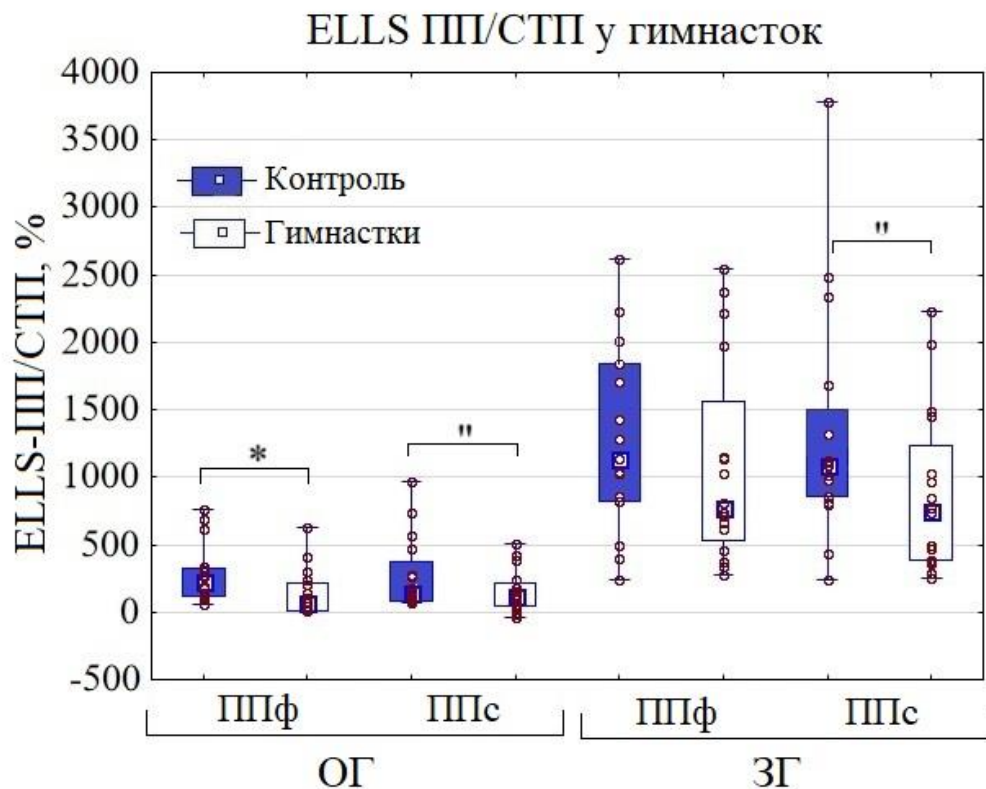
Обозначения соответствуют Рисунку 21

* – $p < 0,05$ vs группой «Контроль»

Рисунок 22 – Степень прироста средней линейной скорости в стойке с 3Г относительно стойки с ОГ (ЛСС-3Г/ОГ) в постральных тестах у гимнасток

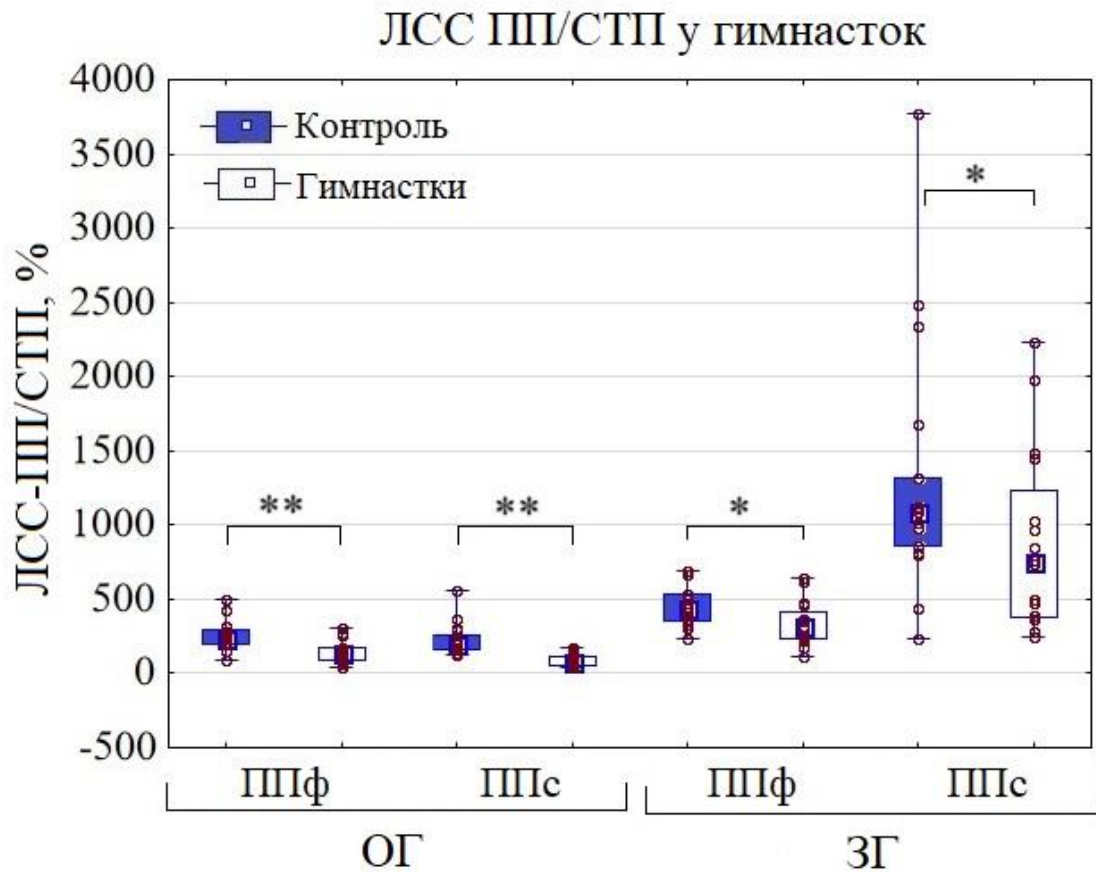
Тенденция к меньшему приросту ELLS при переходе на пресс-папье, стала существенной при рассмотрении увеличения ЛСС в стойках на пресс-папье относительно стабиллоплатформы. Прирост ЛСС-ПП/СТП у гимнасток

был существенно ниже во всех тестах на пресс-папье: с ОГ на пресс-папье, подвижном по фронтоли (Гимнастки: 136 [87–173] % vs ГК: 240 [203–298] %, $U=41$, $p<0,002$; Рис. 24) и сагиттали (Гимнастки: 115 [40–214] % vs ГК: 139 [87–371] %, $U=13$, $p<0,001$), а также с ЗГ на пресс-папье, подвижном по фронтоли (Гимнастки: 314 [235–416] % vs ГК: 443 [360–522] %, $U=63$, $p=0,015$) и сагиттали (Гимнастки: 230 [170–409] % vs ГК: 362 [309–544] %, $U=69$, $p=0,027$). В целом, средний уровень прироста ЛСС-ПП/СТП, рассчитанный для всех четырех пресс-папье у гимнасток был ниже, чем в группе ГК (Гимнастки: 196 [152–283] % vs ГК: 297 [269–430] %, $U=45$, $p=0,002$; Рис. 24).



“/* – $p<0,1/0,05$ vs группой «Контроль»

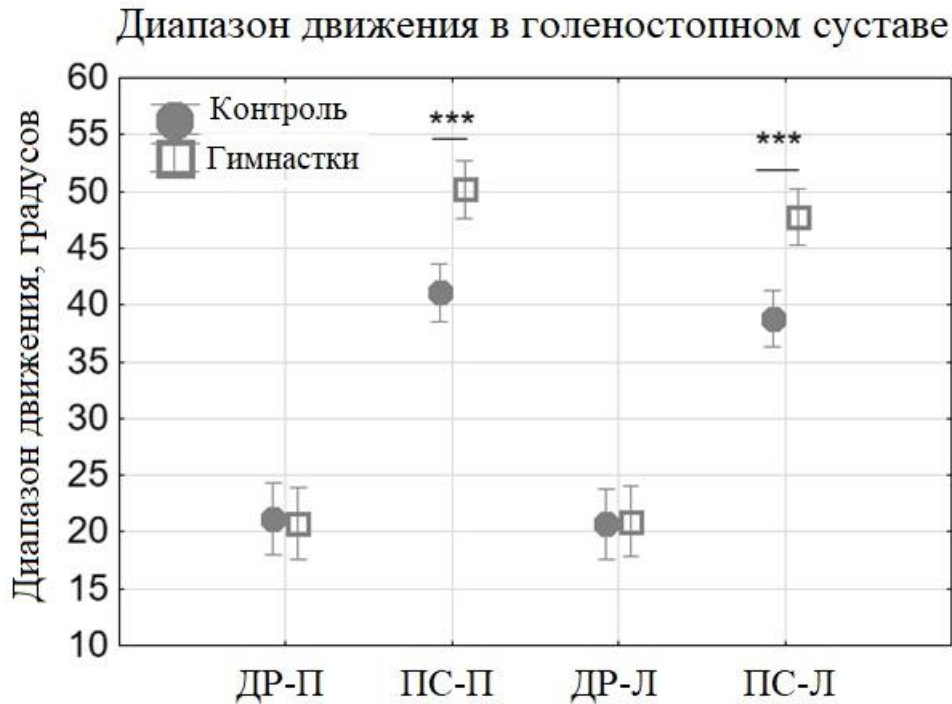
Рисунок 23 – Степень прироста доверительной площади колебаний ОЦД в стойках на пресс-папье, подвижном по фронтоли (ППф) и сагиттали (ППс) с открытыми (ОГ) и закрытыми (ЗГ) глазами относительно стойки на стабильной платформе с соответствующим состоянием глаз (ELLS-ПП/СТП) в постральных тестах у гимнасток.



*/** – $p < 0,05/0,01$ vs группой «Контроль»

Рисунок 24 – Степень прироста средней линейной скорости в стойке на пресс-папье, подвижном по фронтالي (ППф) и сагиттали (ППс) с открытыми (ОГ) и закрытыми (ЗГ) глазами относительно стойки на стабильной платформе с соответствующим состоянием глаз (ЛСС-ПП/СТП) в постуральных тестах у гимнасток

Амплитуда сгибаний и разгибаний стопы в голеностопном суставе. У гимнасток дорсальное разгибание левой и правой стопы не отличалось от амплитуды данного движения стопы в ГК (Рис. 25). Но амплитуды плантарного сгибания левой в среднем на 22,9 % (Гимнастки: $47,7 \pm 4,5$ град vs ГК: $38,8 \pm 5,0$ град, $t = -5,28$, $p < 0,001$) и правой в среднем на 22,1 % (Гимнастки: $50,2 \pm 4,9$ град vs ГК: $41,1 \pm 5,2$ град, $t = -5,1$, $p = 0,015$) стоп у гимнасток были больше, чем в ГК.



*** - $p < 0,001$ vs группой «Контроль»

Рисунок 2 – Амплитуда дорсального разгибания (ДР) и плантарного сгибания (ПС) левой (Л) и правой стопы (П) в голеностопном суставе у гимнасток ($M \pm 95\%$ Дов. Инт)

Пороги тактильной чувствительности подошвы стоп (Рис. 26). У гимнасток пороги тактильной чувствительности подошвы правой стопы были ниже, чем у спортсменок ГК в следующих участках: П1 (Гимнастки: 0,020 [0,020–0,040] г vs ГК: 0,040 [0,020–0,055] г, $U=79,5$ $p=0,070$), П6 (Гимнастки: 0,020 [0,020–0,040] г vs ГК: 0,070 [0,040–0,070] г, $U=60,5$ $p=0,012$), П7 (Гимнастки: 0,008 [0,008–0,008] г vs ГК: 0,020 [0,008–0,020] г, $U=59,5$ $p=0,010$), П9 (Гимнастки: 0,070 [0,040–0,115] г vs ГК: 0,160 [0,070–0,160] г, $U=61$ $p=0,012$) и в среднем во всех точках П1-9 (Гимнастки: 0,031 [0,022–0,036] г vs ГК: 0,052 [0,039–0,071] г, $U=57,5$, разница: -40,4% $p=0,008$). Пороги тактильной чувствительности у гимнасток были ниже в следующих участках левой подошвы: Л5 (Гимнастки: 0,020 [0,020–0,040] г vs ГК: 0,040 [0,040–0,070] г, $U=67$ $p=0,023$), Л6 (Гимнастки: 0,020 [0,020–0,040] г vs ГК: 0,055 [0,040–0,070] г, $U=56$ $p=0,007$), Л7 (Гимнастки: 0,008 [0,008–0,008] г vs ГК: 0,020 [0,008–

0,020] г, $U=67,5$, $p=0,024$), Л8 (Гимнастки: 0,020 [0,014–0,040] г vs ГК: 0,040 [0,030–0,070] г, $U=77$, $p=0,057$) Л9 (Гимнастки: 0,070 [0,070–0,115] г vs ГК: 0,160 [0,070–0,160] г, $U=81$, $p=0,080$) и, в среднем в 9 точках (Гимнастки: 0,030 [0,023–0,038] г vs ГК: 0,049 [0,036–0,061] г, $U=60,5$, разница: -38,8%, $p=0,012$). Таким образом, тактильная чувствительность подошвы у гимнасток была выше, чем у спортсменок ГК.

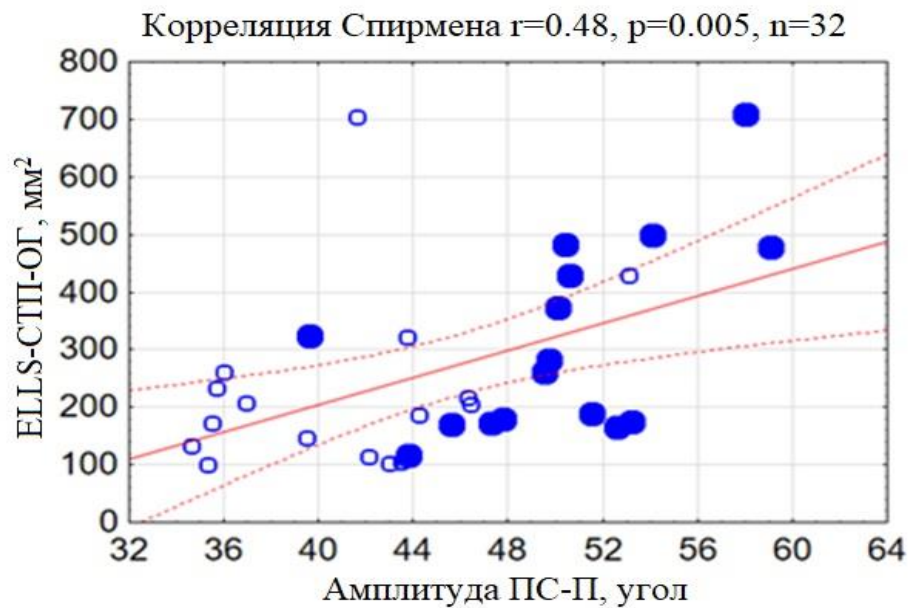


“*/# - $p<0,1/0,05/0,01$ vs группой «Контроль»

Рисунок 26 – Пороги тактильной чувствительности подошвы стоп

Корреляции постуральной устойчивости с показателями подвижности стопы. ELLS в стойке на СТП-ОГ ($r=0,48$; $p<0,01$) (Рис. 27), а также ЛСС в стойке на СТП-ОГ ($r=0,39$; $p<0,05$; Рис. 28) и на СТП-3Г ($r=0,39$; $p<0,05$) положительно коррелировали с амплитудой плантарного сгибания правой стопы (Таблица 32). ЛСС-СТП-ОГ ($r=0,43$; $p<0,05$) и ЛСС-СТП-3Г ($r=0,46$; $p<0,01$) положительно коррелировали с амплитудой плантарного сгибания левой стопы. Также ЛСС-ППф-ОГ положительно коррелировала с амплитудой

дорсального разгибания правой ($r=0,37$; $p<0,05$) и левой стопы ($r=0,37$; $p<0,05$). Таким образом, скорость колебаний ОЦД в стойке на стабиллоплатформе с ОГ и ЗГ положительно коррелировала с амплитудой плантарного сгибания правой и левой стоп, а скорость колебаний ОЦД в стойке на пресс-папье, подвижном по фронтали, – с дорсальным разгибанием правой и левой стоп.



● – группа «Гимнастки»;

○ – группа «Контроль»

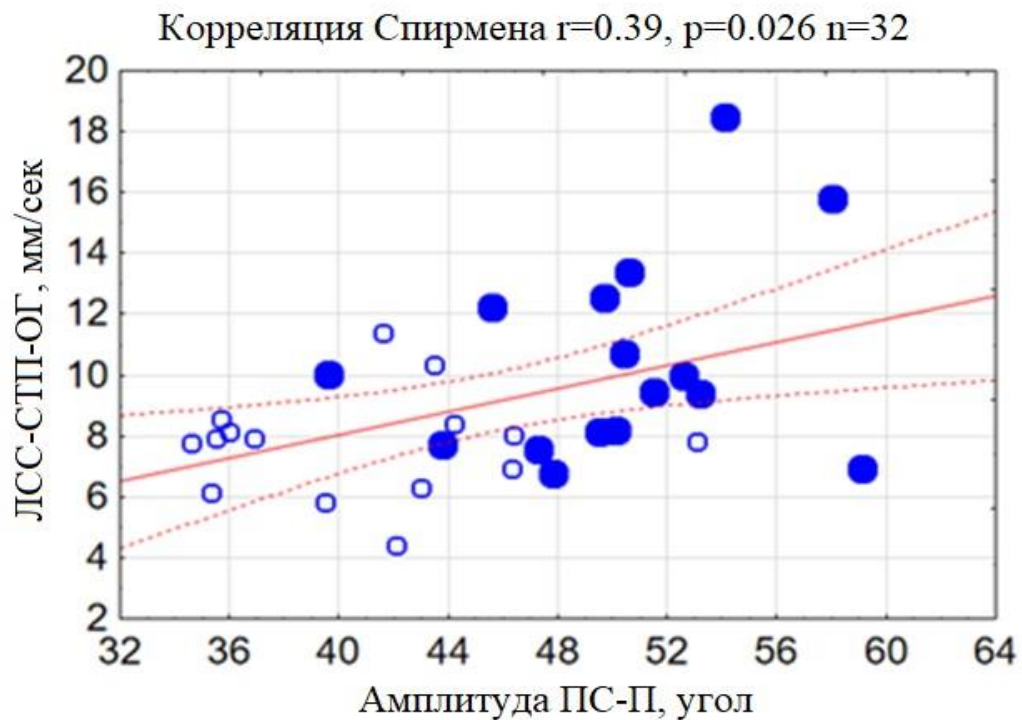
Рисунок 27 – Корреляции Спирмена ELLS в стойке на стабиллоплатформе (СТП) с закрытыми глазами (ЗГ) ($r=0,48$; $p=0,005$) с амплитудой плантарного сгибания правой стопы (Амплитуда ПС-П) в общей группе испытуемых ($n=32$)

Таблица 32 – Корреляции Спирмена между стабیلлографическими показателями и подвижностью стоп в общей группе обследованных лиц ($n=32$)

Показатели	ELLS –ОГ	ELLS –ЗГ	ELLS –ППф ОГ	ELLS –ППф ЗГ	ELLS –ППс ОГ	ELLS –ППс ЗГ	ЛСС –ОГ	ЛСС –ЗГ	ЛСС –ППф ОГ	ЛСС –ППф ЗГ	ЛСС –ППс ОГ	ЛСС –ППс ЗГ
ДР-П	0,05	0,12	0,15	-0,07	0,08	0,01	0,29	0,10	0,37*	-0,02	0,17	0,16
ПС-П	0,20	0,48**	-0,11	0,34	0,17	0,18	0,39*	0,39*	-0,04	0,10	-0,13	0,06
ДР-Л	0,01	-0,05	0,08	-0,19	0,16	0,04	0,33	-0,01	0,37*	-0,04	0,27	0,25
ПС-Л	0,09	0,22	-0,10	0,31	-0,09	0,21	0,43*	0,46**	0,01	0,21	0,01	0,20

Примечания:

- 1) ДР – дорсальное разгибание;
- 2) ПС – плантарное сгибание;
- 3) П – правая стопа;
- 4) Л – левая стопа;
- 5) ELLS – доверительная площадь колебаний ОЦД;
- 6) ОГ – открытые глаза;
- 7) ЗГ – закрытые глаза;
- 8) ППф – пресс-папье, подвижный по фронтали;
- 9) ППс – пресс-папье, подвижный по сагиттали;
- 10) */** - $p < 0,05/0,01$.



● – группа «Гимнастики»;

○ – группа «Контроль»

Рисунок 28 – Корреляции Спирмена ЛСС в стойке на стабилоплатформе (СТП) с открытыми глазами (ОГ) ($r=0,39$; $p=0,026$) с амплитудой плантарного сгибания правой стопы (Амплитуда ПС-П) в общей группе испытуемых ($n=32$)

Корреляции тактильной чувствительности подошвы стоп с показателями постуральной устойчивости. Скорость и площадь колебаний

ОЦД в стойке на стабиллоплатформе не коррелировали с порогами тактильной чувствительности стоп (Таблица 33). Однако ELLS и ЛСС в стойке с ОГ на пресс-папье, подвижном по фронтоли, коррелировали с порогом тактильной чувствительности правой (П1-П9: $r=0,35-0,72$; $p<0,05-0,01$) и левой (Л1-Л9: $r=0,35-0,50$; $p<0,05-0,01$) подошвы стоп. Похожие корреляции были между ELLS (П2-П6, П8: $r=0,38-0,64$; $p<0,05-0,01$. Л1-Л2, Л6-Л8: $r=0,41-0,64$; $p<0,05-0,01$) и ЛСС (П1-П3, П5-П8 $r=0,36-0,39$; $p<0,05-0,01$. Л1-Л2, Л6-Л8: $r=0,36-0,53$; $p<0,05-0,01$) в стойке с ОГ на пресс-папье, подвижном по сагиттали. В стойках на пресс-папье с ЗГ корреляций не выявлено. Таким образом, высокая устойчивость в стойках на пресс-папье с ОГ у спортсменок была связана с более низким порогом тактильной чувствительности стоп.

Таблица 33 – Корреляции Спирмена между стабиллографическими показателями и порогами тактильной чувствительности стоп в общей группе обследованных лиц ($n=32$)

Точки на подошве	ELLS –ОГ	ELLS –ЗГ	ELLS–ППф ОГ	ELLS–ППф ЗГ	ELLS–ППс ОГ	ELLS–ППс ЗГ	ЛСС–ОГ	ЛСС–ЗГ	ЛСС–ППф ОГ	ЛСС–ППф ЗГ	ЛСС–ППс ОГ	ЛСС–ППс ЗГ
П1	-0,05	-0,17	0,65**	0,03	0,33	0,04	-0,07	-0,23	0,50**	0,04	0,37*	0,20
П2	0,13	0,11	0,67**	0,22	0,63**	0,15	0,11	0,01	0,50**	0,21	0,38*	0,19
П3	-0,05	-0,14	0,45**	0,04	0,56**	0,05	-0,04	-0,22	0,36*	0,00	0,37*	0,11
П4	0,11	-0,02	0,50**	-0,13	0,43*	-0,05	0,05	-0,10	0,28	-0,01	0,25	0,10
П5	0,02	0,17	0,68**	-0,02	0,64**	-0,02	-0,02	-0,03	0,42*	0,05	0,39*	0,01
П6	0,06	-0,01	0,60**	-0,04	0,38*	0,10	-0,16	-0,17	0,34	0,03	0,39*	0,10
П7	-0,30	-0,21	0,43*	0,08	0,31	0,20	-0,30	-0,30	0,35*	0,16	0,39*	0,23
П8	-0,10	0,02	0,59*	-0,02	0,39*	0,17	-0,06	-0,07	0,37*	0,06	0,36*	0,20
П9	0,11	0,04	0,47**	-0,04	0,31	-0,03	-0,05	-0,18	0,28	-0,12	0,21	0,04
П1-9	0,03	0,04	0,71**	-0,01	0,50**	0,07	-0,08	-0,19	0,42*	-0,01	0,36*	0,10

Окончание таблицы 33 – Корреляции Спирмена между стабиллографическими показателями и порогами тактильной чувствительности стоп в общей группе обследованных лиц (n=32)

Точки на подошве	ELLS –ОГ	ELLS –ЗГ	ELLS–ППф ОГ	ELLS–ППф ЗГ	ELLS –ППс ОГ	ELLS –ППс ЗГ	ЛСС –ОГ	ЛСС–ЗГ	ЛСС–ППф ОГ	ЛСС–ППф ЗГ	ЛСС–ППс ОГ	ЛСС–ППс ЗГ
Л1	-0,08	-0,08	0,72 **	0,11	0,46 **	0,08	0,04	-0,07	0,58 **	0,18	0,47 **	0,30
Л2	0,09	0,16	0,74 **	0,28	0,64 **	0,20	0,13	0,08	0,53 **	0,27	0,43 **	0,19
Л3	-0,01	-0,14	0,35 *	0,02	0,47 **	0,01	-0,06	-0,22	0,23	-0,09	0,23	-0,02
Л4	0,08	-0,03	0,51 **	-0,17	0,45 **	-0,10	0,06	-0,08	0,30	-0,03	0,24	0,08
Л5	-0,05	0,06	0,53 **	-0,11	0,47 **	0,01	-0,17	-0,17	0,30	0,01	0,34	0,00
Л6	0,01	-0,01	0,62 **	-0,07	0,53 **	0,00	-0,15	-0,16	0,43 **	0,05	0,43 **	0,12
Л7	-0,15	-0,02	0,55 **	0,20	0,42 *	0,28	-0,14	-0,09	0,47 **	0,27	0,53 **	0,29
Л8	-0,01	-0,05	0,60 **	-0,07	0,41 *	0,11	-0,11	-0,19	0,34	-0,03	0,32	0,07
Л9	0,20	0,08	0,45 **	-0,05	0,15	0,00	0,07	-0,05	0,25	-0,09	0,17	0,06
Л1-9	0,06	0,07	0,72 *	-0,01	0,48 **	0,05	-0,03	-0,12	0,42 *	0,01	0,36 *	0,08

Примечание – */** - $p < 0,05/0,01$.

Корреляции степени прироста ELLS и ЛСС в стойках с ЗГ относительно стоек с ОГ в постуральных тестах с подвижностью стоп в голеностопном суставе и порогами тактильной чувствительности подошв. Степени прироста коэффициентов Ромберга - ELLS-ЗГ/ОГ-ППф - в стойке на подвижной по фронтالي пресс-папье ($p < 0,015$; Рис. 21) и ЛСС-ЗГ/ОГ-ППс - в стойке на подвижной по сагиттали пресс-папье ($p < 0,015$; Рис. 22) у гимнасток были выше, чем в ГК. Простая корреляция Пирсона с порогами тактильной чувствительности и амплитудами подвижности стопы после их Vox-Sox трансформации с целью нормализации выявила отрицательные корреляции между ELLS-ЗГ/ОГ-ППф и ЛСС-ЗГ/ОГ-ППс со средними порогами тактильной чувствительности правой и левой подошв ($r = -0,44$; $p = 0,013$ и $r = -0,45$; $p = 0,012$;

Таблица 34) и амплитудой плантарного сгибания правой ($r=0,37$; $p=0,043$ и $r=0,39$; $p<0,030$) и левой подошвы (с ЛСС-ЗГ/ОГ-ППс $r=0,42$; $p=0,017$).

Однако множественный регрессионный анализ (ELLS-ЗГ/ОГ-ППф и ЛСС-ЗГ/ОГ-ППс были зависимыми переменными и порог тактильной чувствительности, и амплитуда плантарного разгибания стопы в качестве независимой переменной) не выявил независимых корреляций коэффициентов Ромберга с показателями подвижности и тактильной чувствительности подошвы: стандартизованные коэффициенты β^* стали не существенные.

Таблица 34 – Результаты простой корреляции и множественной регрессии степени прироста ELLS-ЗГ/ОГ в стойке на подвижном по фронтоли пресс-папье и ЛСС-ЗГ/ОГ в стойке на подвижном по сагиттали пресс-папье

Параметры	Средние значения тактильной чувствительности стопы				Правая стопа			Левая стопа		
	П1-9		Л1-9		ДР-П	ПС-П		ДР-Л	ПС-Л	
	г	β^*	г	β^*	г	г	β^*	г	г	β^*
ELLS-ЗГ/ОГ-ППф	- 0,44*	-0,35	- 0,44*	-0,38	-0,27	0,37*	0,22	-0,32	0,29	0,12
ЛСС-ЗГ/ОГ-ППс	- 0,45*	-0,35	- 0,45*	-0,32	-0,08	0,39*	0,25	-0,08	0,42*	0,28

Примечания:

- 1) П1-9 / Л1-9 – средний порог тактильной чувствительности правой (П) или левой (Л) подошвы;
- 2) ДР – дорсальной разгибание стопы;
- 3) ПС – плантарное сгибание стопы;
- 4) П – правая;
- 5) Л – левая;
- 6) г – корреляция Пирсона;
- 7) β^* - стандартизированный коэффициент множественной регрессии;
- 8) ¹ - все первичные значения параметров были трансформированы с помощью Вох-Соx преобразования. * - $p<0,05$.

Таким образом, простая корреляция указывает, что чем больше тактильная чувствительность подошвы (ниже пороги) и больше амплитуда плантарного сгибания стопы, тем больше степень прироста ELLS и ЛСС в стойке на пресс-папье, однако множественная регрессия не выявила независимого фактора повышенного прироста коэффициентов Ромберга у гимнасток.

Корреляции степени прироста ELLS и ЛСС в стойках на пресс-папье относительно стоек на стабильной платформе с подвижностью стоп в голеностопном суставе и порогом тактильной чувствительности подошв. Между средним порогом тактильной чувствительности правой ($r=0,40-0,57$; $p<0,05-0,01$; Таблица 35) и левой ($r=0,38-0,53$; $p<0,05-0,01$) подошв, с одной стороны, и величинами прироста ELLS и ЛСС в стойках на подвижных пресс-папье отмечались положительные корреляции. Также отрицательные корреляции отмечались между амплитудами плантарного сгибания правой ($r=-0,36 - -0,47$; $p<0,05-0,01$) и левой ($r=-0,37 - -0,47$; $p<0,05-0,01$) стоп и приростами ELLS и ЛСС в стойках на подвижных пресс-папье (Таблица 35). Для выявления независимых взаимосвязей была проведена множественная регрессия, при которой степень прироста ELLS-ПП/СТП (и ЛСС-ПП/СТП) были зависимыми переменными, а порог тактильной чувствительности правой и амплитуда плантарного сгибания правой стопы – независимыми переменными (тоже для левой стопы).

Регрессионный анализ выявил, что степень прироста ELLS-ПП/СТП на фронтальном пресс-папье с ОГ ($\beta^*=0,39$; $p=0,039$) и сагиттальном пресс-папье с ОГ ($\beta^*=0,38$; $p=0,031$) были независимо связаны со средними порогом тактильной чувствительности правой и левой подошв (Таблица 35). Кроме того, степень прироста ЛСС-ППф/СТП-ОГ независимо от подвижности соответственно правой и левой стопы коррелировала со средними порогом тактильной чувствительности правой ($\beta^*=0,49$; $p=0,039$) и левой ($\beta^*=0,46$; $p=0,016$) стоп, а также степень прироста ЛСС-ППс/СТП-ОГ независимо

коррелировала со средним порогом тактильной чувствительности правой ($\beta^*=0,38$; $p=0,031$) стопы.

Таблица 35 – Корреляции степени прироста ELLS и ЛСС в стойках на пресс-папье относительно стоек на стабиллоплатформе с подвижностью стоп в голеностопном суставе и порогами тактильной чувствительности подошвы

Параметры	Средние значения тактильной чувствительности стопы				Правая стопа			Левая стопа		
	П1-9		Л1-9		ДР-П	ПС-П		ДР-Л	ПС-Л	
	r	β^*	r	β^*	r	r	β^*	r	r	β^*
ELLS-ППф/СТП-ОГ	0,40*	0,39*	0,38*	0,41* 0,044	0,15	-0,21	-0,05	0,08	-0,12	0,06
ELLS-ППс/СТП-ОГ	0,51* *	0,38*	0,47* *	0,35	-0,08	-0,47**	-0,31	-0,08	-0,42* *	-0,27
ЛСС-ППф/СТП-ОГ	0,57* *	0,49* *	0,53*	0,46*	0,03	-0,38*	-0,18	-0,07	-0,37* *	-0,16
ЛСС-ППс/СТП-ОГ	0,51* *	0,38*	0,47* *	0,35	-0,08	-0,47**	-0,31	-0,08	-0,42* *	-0,27
ЛСС-ППф/СТП-ЗГ	0,29	0,17	0,23	0,10	-0,25	-0,36*	-0,29	-0,23	-0,34	-0,29
ЛСС-ППс/СТП-ЗГ	0,28	0,19	0,20	0,08	-0,07	-0,29	-0,21	0,02	-0,30	-0,26

П р и м е ч а н и я:

- 1) ELLS – доверительная площадь эллипса ОЦД;
- 2) ЛСС – средняя линейная скорость ОЦД;
- 3) ППф – пресс-папье, подвижное по фронтали;
- 4) ППс – пресс-папье, подвижное по сагиттали;
- 5) СТП – стабиллоплатформа;
- 6) ОГ – открытые глаза;
- 7) ЗГ – закрытые глаза;
- 8) */** - $p<0,05/0,01$.

Резюме по главе о связи особенностей регуляции позы с амплитудой плантарного сгибания стоп и тактильной чувствительностью подошвы стоп у эстетических гимнасток.

Во-первых, устойчивость вертикальной позы, по данным площади колебаний ОЦД, в стойке на устойчивой стабиллоплатформе и на подвижном

по сагиттали и фронтали пресс-папье не отличается, а активность механизмов поддержания одинаковой устойчивости позы, по данным скорости колебаний ОЦД, в стойке на стабилонплатформе была выше и только на подвижном пресс-папье с ОГ – ниже, чем в ГК. Высокая активность механизмов поддержания устойчивости позы в привычной стойке на твердой опоре связана с повышенной амплитудой плантарного сгибания стоп.

Во-вторых, регуляция позы у эстетических гимнасток в значительной мере зависит от зрительной информации, поскольку увеличение стабیلіграфіческих показателей (прирост ELLS в стойке на ППф и ЛСС в стойке на ППс при ЗГ vs ОГ у гимнасток выше) при лишении зрительной информации у гимнасток было выше, чем у спортсменок негимнасток.

В-третьих, система регуляции позы у гимнасток эффективно использует соматосенсорную от голеностопа, зрительную и, вероятно, вестибулярную информацию, поскольку степень прироста ELLS (на ППф, ППс с ОГ и ППс с ЗГ) и ЛСС (на всех ПП с ОГ и с ЗГ) при переходе с устойчивой стабилонплатформы на подвижный пресс-папье у гимнасток была ниже, чем в ГК. Высокая тактильная чувствительность подошвы стоп и эффективность интеграции зрительной информации у гимнасток способствуют увеличению устойчивости позы в стойке на подвижной опоре – пресс-папье, особенно с открытыми глазами.

Глава 4 Обсуждение результатов

4.1 Динамика постуральной устойчивости в течение соревновательного сезона у эстетических гимнасток

Наблюдение за показателями постуральной устойчивости в течение соревновательного сезона показало, что устойчивость вертикальной позы у эстетических гимнасток МС в среднем была ниже, чем у контроля. В частности, площадь колебаний ОЦД у гимнасток МС была повышена в начале и конце сезона в обычной стойке на стабильной платформе с ЗГ; а также в начале сезона (октябре) в стойках на фронтальной и сагиттальной пресс-папье с ЗГ. Кроме того, повышенная ELLS наблюдалась в тесте со зрительной обратной связью большого масштаба, при увеличении амплитуды колебаний в 32 раза (тесте ЗОС32).

Полученные данные противоречат ранее опубликованным данным литературы о высокой устойчивости вертикальной позы в специфической спортивной позе [134], в усложненных условиях с искажением зрительной и проприоцептивной информации в тесте «Sensory Organization Test» [192] и в обычной стойке, но только в боковом (во фронтальной плоскости) по сравнению с группой спортсменок-негимнасток [63] или в биопорной стойке на податливой мягкой поролоновой подушке [163] по сравнению с неспортсменками. В совокупности эти данные указывают, что тренировка в художественной гимнастике, виде спорта, очень схожем с эстетической гимнастикой, и/или отбор приводят к формированию более эффективной регуляции вертикальной позы (повышению стабильности позы) у художественных гимнасток.

Однако наши результаты согласуются с более современными исследованиями, в которых показана сниженная устойчивость обычной позы у художественных гимнасток в сагиттальном направлении, особенно в условиях закрытых глаз, что отражалось в повышенной амплитуде колебаний ОЦД в

области очень низкочастотных колебаний (0-0,1 гц) [63] или в обычных позах на податливой опоре с закрытыми глазами, но в сравнении с гимнастками спортивного стиля [163].

Современные работы многих исследователей баланса [76, 170] выявили негативные особенности регуляции позы. В работе Opala-Berdzik A. et al. обнаружена повышенная скорость колебаний ОЦД во фронтальной плоскости в биопорной стойке с открытыми глазами у юных акробатов национального уровня по сравнению с ГК, что отрицательно коррелировало с дефицитом массы тела [170]. А в исследовании De Mello M.C. [76] выявлены повышенные скорость и площадь колебаний ОЦД в стойке с закрытыми глазами и повышенная скорость колебаний в стойке с открытыми глазами у профессиональных танцовщиц балета в моноопорной стойке с закрытыми глазами. Авторы заключают, что имеется зависимость постурального контроля от зрительной сенсорной системы. Эти результаты, таким образом, согласуются с нашими данными и указывают на наличие негативных факторов, снижающих эффективность регуляции позы у спортсменок, схожих с эстетическими гимнастками. Важно заметить, что у наших гимнасток существенные различия отсутствовали во всех стойках с открытыми глазами, что указывает на важный вклад зрительной информации для эффективности регуляции позы, а её отсутствие приводило к увеличению площади и скорости колебаний ОЦД.

Практически все цитируемые нами работы выполнены или с однократным измерением, и анализировали простые сравнения гимнасток vs негимнасток, или проводили наблюдения в течение больших многолетних периодов, например, двух лет [179]. Динамические наблюдения в течение годичного соревновательного сезона практически отсутствуют в доступной литературе. Поэтому наша работа, вероятно, первая, в которой изучена постуральная устойчивость в течение соревновательного сезона. Мы нашли только одну работу, в которой проводились трёхкратные измерения в течение года постуральной стабильности у юных (возраст 9-15 лет) спортивных гимнасток, но только в стойке на руках [218]. Однако их данные можно

использовать для оценки общих тенденций в динамике постуральной устойчивости в годичном тренировочном сезоне. Авторы обнаружили увеличение общей стабильности перевёрнутой позы по данным амплитуд колебаний ОЦД в передне-заднем направлении к концу сезона, однако активность регуляторных механизмов, обеспечивающих возросшую стабильность позы, также резко увеличилась, на что указывал значительный систематический прирост интегрального индекса стабильности позы (DPSI – индекс динамической стабильности позы), рассчитанный на основе суммы колебаний сил реакций опоры кистей, что отражает увеличение прикладываемых усилий для стабилизации позы (аналог скорости колебаний ОЦД). Авторы заключают, что увеличение DPSI отражает рост общего биомеханического риска и вариабельности постурального контроля, вероятно связанное с увеличением морфологических показателей гимнасток. То есть авторы не объясняли данные постуральные изменения величиной тренировочных нагрузок, психофизиологическими стрессами, а связали их с процессами роста и развития организма, указывая на рассогласование регуляции позы с ростовым скачком, характерным для пубертатного периода, проявляющееся в росте биомеханического риска и вариабельности постурального контроля из-за чрезмерной активации механизмов регуляции.

Собственные данные также указывают, что, хотя исходно статическая устойчивость была снижена, она проявила положительную динамику в течение сезона: в стойке на ППф с ЗГ, а также в тесте со ЗОС32, устойчивость позы в этих тестах возрастала к концу сезона. Причины, обуславливающие положительную динамику регуляции позы в стойке на ППф и в тесте со зрительной обратной связью, ЗОС32, могут быть связаны с эффектами тренировки, поскольку в гимнастике целенаправленно тренируют равновесие, а также с эффектами обучения данным тестам вследствие их повторения. Наиболее вероятным объяснением повышения устойчивости в этих тестах является повторение данных тестов и, в меньшей мере, эффект тренировки спортивных способностей, включая равновесие. Это может быть обусловлено,

во-первых, новизной и сложностью этих тестов для испытуемых, поскольку в первом измерении показатели в этих тестах были наихудшими. Низкие результаты, как правило, имеют больший диапазон улучшений. Можно добавить, что в других, более привычных тестах, например, в стойке на СТП с ЗГ, устойчивость позы у гимнасток МС даже снижалась к 3-му измерению. И, как мы будем обсуждать далее, это связано с ростом симпатических влияний на ритм сердца и, вероятно, накоплением стресса.

Другим существенным фактом было отсутствие значимых различий по показателям пострурального равновесия во всех тестах на устойчивой стабиллоплатформе и подвижном пресс-папье в стойках с ОГ, за исключением тестов ЗОС2 и ЗОС32, в котором регуляция позы происходит на основе зрительной обратной связи с помощью произвольных поструральных коррекций. Следовательно, у эстетических гимнасток в значительной мере развиваются механизмы поструральной регуляции, основанные на зрительной информации. Эти данные подтверждаются многими исследованиями, показавшими более существенный прирост показателей колебаний ОЦД в стойках с ЗГ относительно стоек с ОГ [163], или существенные различия устойчивости позы в стойках с ЗГ у гимнасток или балерин по сравнению с другими группами [63, 76]. Причины развития зависимости поструральной регуляции от зрительной информации у эстетических гимнасток, вероятно, связаны с особенностями тренировок, а именно: использованием зеркал для отработки технических элементов, посредством которых спортсменки систематически контролируют свои движения. В эстетической гимнастике требуется высокий уровень синхронизации движений спортсменок в групповых выступлениях, что обеспечивается посредством зрительной информации. На наш взгляд, высокая устойчивость позы у гимнасток в условиях наличия зрительной информации не является негативной особенностью, но создает положительный эффективный механизм высокой поструральной устойчивости в этих сенсорных условиях у данной группы спортсменок. Другими словами, гимнастки более эффективно

используют зрительную информацию для обеспечения равновесия тела, чем в других группах испытуемых.

Различия в тесте со ЗОС с масштабом 32 (тест ЗОС32), в котором ELLS-ЗОС32 и ЛСС-ЗОС32 были у гимнасток МС повышены в октябре, также указывает на высокую зависимость произвольной регуляции позы от зрительной информации. В данном тесте смещение видимого маркера ОЦД на экране было увеличено в 32 раза, что зрительно воспринималось спортсменкой как существенное смещение ОЦД, в ответ на которое ей необходимо было регулировать свою позу и возвращать маркер ОЦД в центр мишени. Более значительные ELLS-ЗОС32 и ЛСС-ЗОС32 в этом тесте, следовательно, означают более активные и избыточные постуральные реакции на зрительную информацию о смещении собственного ОЦД. То есть гимнастки МС больше доверяли этой зрительной информации, гипертрофированной на самом деле, и больше смещали свой ОЦД. Схожие наблюдения были уже показаны у спортсменов при использовании данного теста, а именно, те спортсмены, у которых была повышена ELLS в обычной стойке с ЗГ, именно у этой подгруппы спортсменов было наибольшее значение ELLS в тесте со ЗОС с масштабом 16 [20]. Следовательно, высокие колебания ОЦД в тесте со ЗОС32 у гимнасток МС означают более существенную зависимость регуляции позы от зрительной информации. Однако к концу сезона устойчивость в этом тесте повышалась и выравнивалась с группами КМС и ГК. В большей мере, это связано с обучением сохранять устойчивость в этом тесте, то есть с эффектами повторения.

Несмотря на сниженную устойчивость в статических позах, у гимнасток МС и КМС были выше результаты в динамическом тесте на достижение пределов стабильности в сагиттальном направлении путем наклона вертикальным телом вперёд и назад, и различия отсутствовали по фронтальным пределам устойчивости. Следовательно, группа гимнасток МС отличалась высокими колебаниями ОЦД в статических тестах и тесте со ЗОС32 и, одновременно, высокими пределами устойчивости позы в произвольном тесте с

наклоном. Корреляционный анализ не выявил взаимосвязей между показателями этих тестов. Таким образом, тест «Пределы устойчивости» характеризует другие постуральные способности, которые не связаны со способностью стабилизировать тело в статических позах. Полученные данные согласуются с литературными работами об отсутствии корреляций между показателями пределов устойчивости и стабильностью в спокойной стойке [136, 205]. Более того, на пациентах с билатеральным спастическим церебральным параличом отмечалась прямая корреляция: чем меньше была устойчивость в статической позе, тем меньше были пределы устойчивости, напротив, в ГК этих корреляцией не было выявлено. Анализ собственных корреляций в общей группе спортсменок показал, что чем меньше масса тела, ИМТ, обхватные размеры нижних конечностей и больше эктоморфия, тем больше были пределы устойчивости в передне-заднем направлении. Таким образом, низкий ИМТ и высокий индекс эктоморфии вносил вклад в повышенные пределы стабильности у гимнасток МС. Такие же отрицательные корреляции массы тела и ИМТ с лимитами устойчивости были обнаружены в работе [136]. Напротив, больший рост и мужской пол, напротив, положительно коррелировали с индексами пределов стабильности [165]. Высокий ИМТ, вероятно, может создавать большую нагрузку на мышцы голеностопа и при недостаточной силе постуральных мышц туловища и мышц голеностопного сустава, этот фактор снижает пределы устойчивости.

Вместе с тем важную роль в повышении пределов стабильности могут играть сила мышц голеностопа и подвижность стопы [204]. В частности, исследователи выяснили, что уменьшение переднего предела устойчивости (A-LoS) коррелирует со снижением силы подошвенных сгибателей стопы, силы сгибателей пальцев и чувствительности переднего отдела стопы, а уменьшение заднего предела устойчивости (P-LoS) - со снижением силы тыльных сгибателей. Хотя мы не изучали силу мышц ног и голеностопного сустава, а также гибкость голеностопа в данной части работы, можно предполагать, что высокая относительная сила мышц голени и высокая подвижность голеностопа

на фоне низкого ИМТ могли также вносить свой вклад в повышенные пределы устойчивости у гимнасток МС.

Гимнастки КМС практически не отличались от контроля по показателям устойчивости позы, только в стойке на ППф с ЗГ ELLS у КМС была повышена и улучшалась к концу сезона (апрелю), а в стойке на СТП с ЗГ ELLS была выше, чем в ГК в октябре, а ЛСС-СТП-ЗГ повышалась в январе и становилась выше, чем в ГК. Однако предел устойчивости в сагиттальной плоскости в тесте на максимальный наклон тела, также как у спортсменок МС, был повышен. Таким образом, гимнастки КМС обладали схожей с МС тенденцией в сторону сниженной постуральной устойчивости по сравнению с ГК, но повышенным пределом устойчивости. Эти данные также подтверждают вывод о негативных особенностях регуляции статической позы у эстетических гимнасток в стойках с ЗГ и повышенном динамическом равновесии в тесте на пределы устойчивости.

Анализ изменений постуральной устойчивости в соревновательном сезоне показывает, что у МС отмечались разнонаправленные тенденции в динамике постуральных показателей в разных тестах. В частности, в стойке на СТП с ЗГ отмечалось увеличение ELLS и ЛСС в апреле по сравнению с январем. В стойке на ППФ с ЗГ, напротив, отмечалось снижение ELLS-ППф-ЗГ и ЛСС-ППф-ЗГ в апреле по сравнению с октябрём, указывая на увеличение устойчивости позы в стойке на пресс-папье. В стойке на сагиттальной ПП с ЗГ/ОГ четкой динамики не выявлено. И в тесте ЗОС32 отмечалось снижение ELLS и ЛСС к концу сезона – апрелю. У спортсменок КМС отмечалось увеличение ЛСС в стойке на СТП с ЗГ в январе по сравнению с октябрём, напротив, снижение к апрелю, указывая на снижение постуральной устойчивости в этом тесте в середине сезона и её повышение к концу года. А в стойке на ППф-ЗГ отмечалось монотонное увеличение устойчивости позы к апрелю. В других тестах устойчивых изменений в группе КМС не отмечалось. Анализ соревновательной активности (Рисунок 1) показывает, что наибольшее число соревнований отмечалось в октябре перед 1-м измерением и в феврале

после 2-го измерения, количество соревнований снизилось к концу сезона, апрелю. Однако важность соревнований, напротив, повышалась в апреле (Кубок Мира по эстетической гимнастике). Мы не фиксировали уровень тренировочной нагрузки у спортсменок в течение сезона, но можно предполагать, что психофизическое напряжение и специфичность нагрузок повышались к апрелю – ответственным стартам сезона. Вместе с тем, на данном соревновании выступали не все обследуемые гимнастки, но только спортсменки из группы МС. Следовательно, в нашем исследовании мы не могли планировать тренировочно-соревновательные нагрузки с целью изучения постуральной регуляции, антропометрических данных и психофизиологического стресса под их влиянием. Наше исследование относится к динамическому наблюдению за исследуемыми параметрами спортсменок в течение годичного цикла, а время измерений планировались в период ответственных стартов. Таким образом, полученные результаты в постуральной устойчивости, вероятно, находились под влиянием множества факторов, связанных с величиной и количеством тренировочных и психических нагрузок, уровнем и количеством соревнований, сезонными влияниями, а также процессами роста и развития организма, поскольку возраст спортсменок составлял 17 – 21 год, а динамика массы и состава тела (показаны далее) продолжала изменяться. В целом, показатели в разных постуральных тестах изменялись не синхронно, в некоторых случаях имели противоположную тенденцию. Поэтому мы не можем связывать полученные изменения постуральной регуляции только с динамикой тренировочно-соревновательных нагрузок в гимнастике, хотя тенденция к снижению устойчивости позы в стойке на СТП-ЗГ в апреле прослеживалась в группе МС. Показатели в данном тесте являются, на наш взгляд, более надёжными, поскольку обычная стойка с ЗГ – это хорошо известная типичная постуральная задача, не требующая освоения, а колебания ОЦД в этой стойке адекватно реагируют на различные воздействия, например, утомление или страх падения. Поэтому мы полагаем, что у МС можно выделить снижение постуральной устойчивости к концу

соревновательного сезона, как важную тенденцию в соревновательном сезоне. Улучшения устойчивости позы в стойке на ППф и ЗОС32 к апрелю относительно октября в обеих группах спортсменок, скорее всего, отражает эффект обучения сохранять стабильность позы в этих сравнительно новых и сложных тестах.

4.2 Динамика антропометрических показателей и их взаимосвязь с постральной устойчивостью в течение соревновательного сезона у эстетических гимнасток

Эстетические гимнастки характеризовались специфическими антропометрическими характеристиками и типом телосложения, которые были в наибольшей мере выражены у гимнасток МС. Гимнастки КМС обладали схожими, но менее выраженными особенностями строения и состава тела. Гимнастки МС имели меньшую массу тела и индекс массы тела за счет жировой и костной массы тела. Мышечная масса тоже была снижена, но менее существенно. В целом, для эстетических гимнасток МС характерно доминирование мезоморфии и эктоморфии тела, а у спортсменок КМС морфотип смещен в сторону мезоморфно-эндоморфного типа телосложения. Полученные данные, в целом, согласуются с другими исследованиями эстетических и художественных гимнасток [5, 16, 18, 28, 210].

Интересно заметить, что масса тела высококвалифицированных гимнасток в нашей работе (МС: $53,8 \pm 5,6$ кг; КМС: $56,1 \pm 6,1$ кг) практически совпадает (немного выше) с данными других авторов. В работах Стрельченко А.А. и Кравчук А.И. [28] средняя масса тела у танцовщиц: $53,4 \pm 4,2$ кг; в исследовании Мандрикова В.Б. и др. [18] масса тела у художественных, спортивных гимнасток и в контроле составила: $53,6 \pm 1,1$; $50,2 \pm 1,2$; $54,9 \pm 1,1$, соответственно; по данным Выборной К. В. и др. [5] масса тела гимнасток - 53,6 кг; в работе Корягиной Ю.В., Нопина С.В., Акимкиной О.Н. [16] масса тела гимнасток была 53 кг; общую массу тела, равную 54,2 кг, отмечает Чаюн

Д.В. [30]. Таким образом, важными отличительными особенностями высококвалифицированных эстетических гимнасток являются сниженная общая, жировая, костная и менее существенно мышечная масса тела, а соматотип отличается преобладанием мезоморфно-экторморфности.

Обхватные и широтные размеры тела дополняют эту картину тем, что гимнастки мастера спорта обладают идентичной с ГК шириной таза, но большими размерами плечевого пояса и более узкими дистальными эпифизами (суставами) плеч, бедра и голени, при этом ПГК у гимнасток значительно меньше (более уплощенная грудная клетка). Направленность различий которых была в следующем порядке: "ГК → КМС → МС", где мастера спорта имеют самые "крайние" значения (самые широкие плечи, самые плоские грудные клетки, самые тонкие дистальные эпифизы (более «изящные» суставы)). Это говорит о наличии у эстетических гимнасток МС особого специфического телосложения, которое, вероятно, является результатом отбора девушек с такими врожденными особенностями, а также формируется под влиянием специфической долговременной тренировки в эстетической и ранее в художественной гимнастике. Схожие данные отмечают и другие авторы [18, 82, 210].

В течение соревновательного сезона отмечалось изменение морфологических данных спортсменок. Важной динамической тенденцией в группах спортсменок, особенно в группе КМС, было накопление массы тела и ИМТ за счёт жировой массы, что проявлялось как увеличение эндоморфии, снижение относительной мышечной массы и, в целом, эктоморфии к концу соревновательного сезона. Мы полагаем, что данная тенденция отражает эффекты, с одной стороны, естественных возрастных изменений тела спортсменок (поскольку их возраст составлял 17–21 год). С другой стороны, возможно, вследствие снижения тренировочных нагрузок, так как у отдельных спортсменок, вероятно, корректировались приоритеты в результате смены спортивных на другие жизненные и социальные цели.

Естественное развитие, как важная причина роста жировой массы тела у гимнасток, подтверждается другими исследованиями [46, 180]. В частности, на элитных художественных гимнастках в возрастном диапазоне 10-20 лет сборной Сербии показано, что показатель эндоморфии положительно коррелировал с возрастом, то есть, чем старше была гимнастка, тем выше у нее была масса жировой ткани относительно массы тела (так как другие показатели оставались неизменными). А наибольшие величины жировой массы регистрировались к 19-20 летнему возрасту участниц обследования. Эндоморфия увеличивалась с 3,91 ед. в возрасте 14-16 лет до 4,64 ед. в группе 17-19 лет. Уровень эктоморфии, наоборот, отрицательно коррелировал с возрастом, указывая на снижение вытянутости и тонкости телосложения по мере взросления и полового созревания [180].

В лонгитюдном исследовании сборной Бразилии по спортивной гимнастике в возрасте с 11 до 20 лет также выявили смещение доминирования эктоморфии в младшем юношеском возрасте в пользу сбалансированного мезоморфно-эктоморфного профиля у спортсменок 20-летнего возраста, что почти полностью согласуется с нашими данными. Таким образом, наши результаты и литературные данные указывают на постепенное увеличение относительного содержания жировой ткани в теле действующих гимнасток с возрастом, даже при сохранении элитного тренировочного статуса [46, 180]. Организм девушки естественным образом увеличивает запасы жировой ткани, что является важным физиологическим изменением, направленным на подготовку репродуктивной системы девушки к детородной функции.

Другой возможной причиной увеличения жировой массы у гимнасток МС, и особенно КМС, может быть ожидаемая смена приоритетов жизнедеятельности и спортивных целей: спортсменки могут ослаблять самоконтроль питания после изменения приоритетности спортивных целей при снижении объема тренировочных нагрузок. Одновременное смещение акцентов со спортивного образа жизни и спортивных приоритетов в сторону социальных и профессиональных задач особенно часто наблюдается у девушек в возрасте

17–21 года. Некоторые спортсменки могут планировать завершение спортивной карьеры и постепенно переходить на менее жесткий режим питания и тренировок. В результате взаимодействия снижения физических нагрузок и увеличения (скорее нормализации) потребления пищи, организм восстанавливает состав тела, приближающийся к показателям сверстниц, не занимающихся гимнастикой.

Важной задачей было не просто выявить особенности и динамику морфологических особенностей гимнасток, но изучить связь поструральной устойчивости с этими антропометрическими характеристиками. Проведенный корреляционный анализ в первом, октябрьском, обследовании выявил связи показателей повышенной эктоморфности телосложения эстетических гимнасток, в частности, повышенного индекса эктоморфии, сниженных ИМТ и массы тела, меньших обхватов бёдер и голени с повышенными площадью и скоростью колебаний в некоторых поструральных стойках (в стойке на СТП с ЗГ, в стойке на ППф с ЗГ и стойке на ППс с ЗГ), что позволяет предположить некоторую роль высокой эктоморфии в снижении устойчивости вертикальной позы, выявленной у эстетических гимнасток высокой квалификации особенно ясно в условиях отсутствия зрительного контроля. Однако данные связи были слабыми и неустойчивыми: в других периодах (январь и апрель) они не выявлены, что указывает на невысокую силу связи регуляции позы с антропометрическими показателями спортсменок. Литературные данные подтверждают выявленные отрицательные корреляции между массой тела и скоростью колебаний ОЦД в обычной стойке с ОГ ($r=-0,7$) и с ЗГ ($r=-0,5-0,6$) у юных акробатов, у которых скорость смещений ОЦД была больше, чем у нетренированных девушек [170]. Авторы отметили, что акробатки не использовали свои более эффективные координационные способности для обеспечения устойчивости позы в обычной биопорной стойке. Среди причин высокой скорости фронтальных колебаний у акробатов авторы выделили гипервысокую подвижность в голеностопных суставах [44] и других суставов тела [92], которая может изменять скорость двигательных рефлексов и снижать

эффективность постуральных реакций. Однако гибкости в суставах тела они не исследовали. Авторы показали, что более легкие гимнастки раскачиваются с большей скоростью, то есть более тяжелое тело оказывает стабилизирующий эффект на позу. Механизм корреляции авторы объясняют тем, что более тяжелые акробаты стоят внизу и удерживают верхних, легких спортсменов, тем самым больше тренируют постуральный баланс, однако это объяснение также не было экспериментально подтверждено. Среди объяснений высокой площади колебаний ОЦД у гимнасток с высоким индексом эктоморфии и низким ИМТ необходимо выделить следующие размышления. Мы полагаем, что эктоморфия будет смещать общий центр массы вверх, особенно при наличии более широких плеч, при меньших размерах дистальных эпифизов нижних конечностей (как у гимнасток МС). Следовательно, отклонение тела от вертикали на одинаковый угол приведёт к более дальнему смещению проекции ОЦМ на опору, то есть большей амплитуде смещения ОЦД, что теоретически и будет объяснять более высокую площадь колебаний ОЦД у более эктоморфных испытуемых. (Рис. 29) [35]. В исследовании, проведенном на группе девочек, было обнаружено, что площадь эллипса, очерчивающего колебания центра давления (ЦД), была статистически значимо больше у эктоморфов, чем у эндоморфов. Авторы прямо связывают это снижение устойчивости с особенностями эктоморфного телосложения: "с высоким соотношением роста и веса и более высоким расположением центра масс тела у этой группы девушек" [35]. Аналогичные результаты были получены в более позднем исследовании Lee и Lin на выборке из 709 детей. Оно показало, что у детей-эктоморфов (с линейным типом телосложения) средний радиус распределения центра давления был значимо больше, чем у детей-мезоморфов, но такой же, как у эндоморфов [143]. Эта же зависимость объясняет более высокие амплитуды колебаний у более высоких людей [37]. Исследование Alonso и коллег [37], специально посвященное связи антропометрии и постурального контроля, показало, что из всех антропометрических переменных именно рост оказывает наибольшее влияние на амплитуду колебаний. Согласно

регрессионному анализу, проведенному авторами, рост испытуемых объяснял до 18% вариабельности колебаний в медиолатеральном направлении (фронтальная плоскость) при закрытых глазах и до 12% колебаний в том же направлении при открытых глазах. Это напрямую коррелирует с моделью перевернутого маятника, которая используется для объяснений выявленных особенностей: чем выше "маятник" (выше человек и выше расположен его ОЦМ), тем больше будет линейное смещение его проекции – ОЦД, при отклонении на тот же угол, что и приводит к большей амплитуде колебаний. Таким образом, эктоморфный соматотип, вероятно, способствует более высоким амплитудам и площади колебаний ОЦД у высококвалифицированных гимнасток. Вместе с тем, сагиттальные пределы устойчивости, а также предельная площадь устойчивости у гимнасток были выше, что компенсирует повышенные площади колебаний в спокойной стойке. Действительно, расчёт % площади колебаний в стойке с ОГ и ЗГ от пределов устойчивости нивелирует выявленные различия. Следовательно, можно полагать, что у гимнасток «опасные» границы колебаний ОЦД увеличены, что позволяет им раскачиваться без включения постуральных коррекций, возвращающих ОЦД к центру, с большей амплитудой, чем негимнасткам. Однако для подтверждения данного предположения нужны дополнительные эксперименты. Необходимо отметить, что данные корреляции не были устойчивыми в течение наблюдения: они становились менее существенными в другие периоды. Это указывает, что антропометрический фактор не является жестким и определяющим регуляцию позы. Вероятно, условия баланса, изменение других факторов регуляции позы может перевешивать его влияние [37].

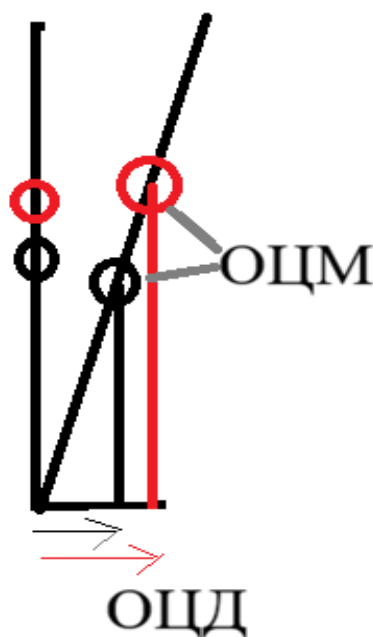


Рисунок 29 – Схема, объясняющая большее смещение ОЦД при более высоком расположении ОЦМ у спортсменок с повышенной эктоморфностью

4.3 Динамика показателей психофизиологического стресса и их взаимосвязь с поструральной устойчивостью в течение соревновательного сезона у эстетических гимнасток

В данной части исследования мы анализировали уровень психофизиологического стресса во время соревновательного сезона, а также связь поструральной устойчивости с величиной психофизиологического стресса у эстетических гимнасток. Для комплексной оценки психофизиологического стресса мы использовали два методических подхода. Первый - адаптированный для спортсменов опросник RESTQ-Sport, позволяющий оценить субъективное восприятие общего и спортивного стресса, а также общего и спортивного восстановления. Второй - объективные показатели вариабельности ритма сердца (BCP): LF/HF, RMSSD, Total Power и другие. Сочетание субъективных и объективных методов даёт возможность интегрировать психологический и физиологический уровни стресс-реакции организма. Такой комплексный подход позволяет расширить диагностические возможности оценки влияния

стресса на постуральный контроль, а также выделить, какой из компонентов стресса - субъективно воспринимаемый или вегетативный - вносит больший вклад в постуральную устойчивость у эстетических гимнасток.

Прежде всего, следует отметить, что у гимнасток не выявлено снижения физической работоспособности (индекса PWC170), а также отсутствовало ухудшение скорости восстановления ЧСС за первые 120 сек после окончания ступенчатой нагрузки до ЧСС=170 в середине и конце соревновательного сезона, что указывает на отсутствие явных признаков перенапряжения. Оценка корреляций между показателями опросника RESTQ-Sport и индексами стресса на основе ВСР в течение соревновательного сезона выявила отдельные, слабые, но логичные по смыслу корреляции, например, в январе между величиной категории «Общий стресс» и показателями: SI ($r=0,35$; $p<0,05$) и RMSSD ($r=-0,41$; $p<0,01$), а в апреле между «Общим стрессом» и LF/HF ($r=0,43$; $p<0,01$), а также между «Спортивным стрессом» и LF/HF ($r=0,38$; $p<0,05$). Однако эти корреляции были слабые и неустойчивые во времени, что позволяет заключить о разных аспектах стресса, оцениваемых с помощью данных методов. Литературные данные частично согласуются с нашими результатами. В частности, в исследовании на пловцах, также была показана слабая отрицательная корреляция ($r=-0,41$) между показателями стресса/восстановления по опроснику RESTQ-36-R-Spor и показателем $\ln$ RMSSD (логарифмом RMSSD — один из основных маркеров парасимпатической активности, отражающий восстановление), а также с отношением Альфа-амилаза/Кортизол в слюне на протяжении 12 недель тренировок [209]. В другой работе также были показаны невысокие корреляции восприятия стресса (по RESTQ-Sport) с уровнем креатинкиназы — биохимического маркера мышечного повреждения и интенсивности нагрузки [55]. Результаты показали, что в предсоревновательный период, когда индекс стресса по опроснику увеличивался, а индекс восстановления снижался, уровень активности креатинкиназы также демонстрировал рост, подтверждая накопление утомления. Однако несмотря на выявленную связь объективных

показателей стресса и нагрузки с субъективным восприятием стресса, полученного с помощью опросника RESTQ-Sport, исследователи прямо резюмируют, что психологические и физиологические состояния не подчиняются одной и той же динамике в процессе периодизации функциональных тренировок, поэтому рекомендуется использовать междисциплинарный подход к диагностике хронического стресса и связанного с ним синдрома перетренированности в спорте [209]. Поэтому рассмотрение динамики индексов психофизического и физиологического стресса мы будем проводить отдельно для показателей стресса на основе RESTQ-Sport и объективных индексов ВСР.

Ключевым результатом оценки психофизического стресса с помощью опросника RESTQ-Sport было отсутствие высоких значений стресса по категориям «Общий стресс» и «Спортивный стресс» у гимнасток обеих групп на всех этапах обследования в течение соревновательного сезона. Это указывает на отсутствие субъективного ощущения психического стрессового напряжения у спортсменок высокой квалификации, несмотря на существенные психофизические тренировочные и соревновательные нагрузки в течение сезона. С другой стороны, в середине (январе) и конце (апреле) сезона значения категории «Спортивное восстановление» были больше у гимнасток МС и КМС, чем в ГК, указывая на субъективно высокий уровень восстановления спортсменок, что косвенно указывает на более низкий уровень спортивного стресса. Таким образом, по опроснику RESTQ-Sport спортсменки не испытывали большего психофизического стресса в течение соревновательного сезона. Корреляционный анализ, проведенный между показателями поструральной устойчивости с показателями стресса опросника RESTQ-SPORT, в октябрьском измерении не выявил большого количества связей. Исключение составила положительная корреляция категории «Спортивный стресс» с ЛСС-ЗОС2 ($r=0,44$; $p<0,01$), что указывает на менее эффективную регуляцию позы в тесте с ЗОС2 у спортсменок с высоким субъективным спортивным стрессом в октябре. Однако это, скорее, исключение из общей малочисленной и слабой

взаимосвязи психофизического стресса с постуральной устойчивостью. Эти данные указывают на редкие и слабые связи регуляции позы с показателями стресса, полученных с помощью опросника RESTQ-SPORT в начале соревновательного сезона. Следовательно, сниженная постуральная устойчивость в начале сезона у гимнасток МС не могла объясняться психофизическим стрессом.

Однако изменение « Δ Спортивного восстановления» в январе по сравнению с октябрём коррелировало с увеличением Δ ELLS в стойках на ППф с ОГ ($r=-0,40$; $p<0,05$) и Δ ELLS в стойке на ППф с ЗГ ($r=-0,34$; $p<0,05$), а увеличение « Δ Спортивного стресса» положительно коррелировало с приростом Δ ELLS в стойке на СТП с ЗГ ($r=0,33$; $p<0,05$). В группах МС и КМС уровень «Спортивного восстановления» в январе существенно не изменялся, поэтому изменения в среднем по группе постуральной устойчивости не могли быть связаны с этой психической категорией. Категория «Спортивный стресс» также существенно не менялась, поэтому изменения регуляции позы в январе не определялись изменениями «Спортивного стресса».

Показатели, а также изменения показателей «Спортивного стресса» и «Спортивного восстановления» по опроснику RESTQ-Sport в конце сезона не коррелировали с показателями постуральной устойчивости или их изменениями за этот период. *Таким образом, слабые корреляции и отсутствие изменений показателей психофизического стресса в течение сезона у спортсменок, определенных по опроснику, не могли объяснить изменения постуральной устойчивости в течение соревновательного сезона у гимнасток. Вместе с тем, отдельные корреляции указывают, что в некоторых тестах субъективное напряжение и низкий уровень восстановления могут коррелировать с большими колебаниями ОЦД у спортсменок. Остаются неясными причины, по которым у гимнасток в течение соревновательного сезона не наблюдалось ожидаемых существенных изменений психофизического стресса. Мы полагаем, что психическое восприятие уровня напряжения у спортсменок может не соответствовать объективным процессам,*

связанным с активностью физиологических стресс-систем: симпато-адреналовой и гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой системе. На это могут влиять позитивные оценки спортивного окружения, высокие спортивные результаты, которые могут снижать субъективную оценку стресса. Более того, показано, что уровень психического стресса не всегда связан с уровнем тренировочных и соревновательных нагрузок, но зависит от психических особенностей самих спортсменов, например, от личностной тревожности, которая по мере роста соревновательного опыта и квалификации снижается [43]. В частности, показано, что у эстетических гимнасток с большим соревновательным опытом отмечался и низкий уровень соревновательной тревожности, то есть психического возбуждения в ответ на соревновательный стресс [43]. И низкая тревожность у более квалифицированных гимнасток коррелировала с факторами успешности: групповой сплоченностью, уровнем оптимизма и ориентацией на решение двигательной задачи. Таким образом, возможно, что низкий уровень стресса в группе гимнасток МС может быть обусловлен не столько отсутствием связи с нагрузками, сколько низкой личностной тревожностью, которая могла быть изначально врожденно заданной и формироваться по мере спортивного стажа. Для выявления дополнительных деталей взаимосвязей между регуляцией позы и психическим стрессом необходимы дополнительные исследования.

Диагностика физиологического стресса с помощью метода ВСР у эстетических гимнасток показала другие результаты. Во-первых, *в начале сезона, в октябре, у гимнасток обеих групп уровни ВСР были выше без различий по индексу симпато-вагусного баланса LF/HF, указывая на большую активность парасимпатических влияний и/или меньшую активность симпатических влияний на ритм сердца и, следовательно, скорее на меньший уровень стресса* [209].

При этом индекс LF/HF, показывающий активность симпатических влияний на ритм сердца и уровень физиологического стресса, положительно коррелировал с показателями площади (в октябре: в стойке на ППс с ЗГ и в

тесте со ЗОС2; в январе: в стойке на СТП с ЗГ и в тесте с ЗОС2) и скорости колебаний ОЦД (в октябре: в стойке на ППс с ЗГ и в тесте с ЗОС2; в январе: в стойке на СТП с ОГ и в тесте с ЗОС2 и ЗОС32), указывая на возможное влияние физиологического стресса на постуральную устойчивость у спортсменок, или, как минимум, на сниженную постуральную устойчивость и повышенную активность регуляции позы в нескольких тестах у спортсменок с повышенным уровнем симпатической активности автономной нервной системы. Хотя данные корреляции указывают на взаимосвязь показателей, характеризующих физиологический стресс, с меньшей постуральной устойчивостью у гимнасток, однако, как показано ранее, у гимнасток постуральная устойчивость была в октябре и, в меньшей мере в январе, снижена, а различий по отношению LF/HF между группами в октябре и январе не выявлено, при небольшой тенденции к повышенным LF/HF у гимнасток МС в январе. Таким образом, эти корреляции не могут объяснить особенности постуральной регуляции у гимнасток в октябре и январе соревновательного сезона (обе переменные: и стресс, и устойчивость позы снижены).

Однако в апреле снижение показателей BCP ($\Delta RMSSD$ (апрель-январь) $r=-0,40$; $p<0,05$) и увеличение SI по Р. Баевскому (ΔSI (апрель-январь) $r=0,33$; $p<0,05$) коррелировали с увеличением ELLS в стойке на СТП с ЗГ, а также с ΔLCC -СТП-ЗГ (Δ Стресс индекс: $r=0,45$; $p<0,01$; $\Delta RMSSD$: $r=-0,52$; $p<0,01$). Важно, что при этом эти постуральные показатели ELLS-СТП-ЗГ и LCC-СТП-ЗГ увеличивались у гимнасток МС в этот период (январь-апрель) соревновательного сезона. Кроме того, снижения ΔTP ($r=-0,35$; $p<0,05$) и $\Delta RMSSD$ ($r=-0,37$; $p<0,05$) также коррелировали с ΔLCC -СТП-ЗГ. Эти связи позволяют полагать, что повышение физиологического стресса, выявленного по снижению показателей BCP, у спортсменок МС могло вносить вклад в снижение постуральной устойчивости у гимнасток МС, выявленное в стойке на стабилоплатформе с ЗГ. Этот результат актуален тем, что тестирование проходило в обычной стойке на неподвижной стабилоплатформе, которая хорошо освоена всеми испытуемыми и результаты тестирования в этом тесте не

связаны с эффектом обучения, как, например, в тесте на подвижных пресс-папье или со зрительной обратной связью большого масштаба. То есть снижение устойчивости в привычном тесте СТП-ЗГ может в большей мере указывать на напряжение регуляции позы и отражать эффекты, связанные с высокими спортивно-тренировочными нагрузками в соревновательном сезоне у гимнасток. Выявленные и описанные корреляции позволяют предполагать, что накопление физиологического стресса, проявляющееся как рост симпатических влияний на сердце, могло оказывать влияние на снижение устойчивости позы в стойке на СТП с ЗГ у гимнасток МС в конце соревновательного сезона. Данная взаимосвязь требует обсуждения.

Во-первых, необходимо заметить, что многие исследования показали увеличение скорости колебаний ОЦД с уменьшением площади колебаний во время «срочной стрессовой реакции», например, в условиях страха падения с высоты [224] или в условиях моделирования психоэмоционального стресса с помощью решения буквенно-цветового теста Струппа [105]. Однако в нашем исследовании изучаемый стресс не был острым, но скорее относился к фоновому стрессовому состоянию, которое могло формироваться в результате частых психофизических нагрузок в ответственных соревнованиях, то есть в нашем случае оцениваемый стресс относился к фоновому хроническому психофизиологическому напряжению. Во-вторых, результаты работы Сосо М. et al. подтверждают, что хронический стресс оказывает существенное негативное влияние на устойчивость позы [73]. Действительно, в работе Сосо М. et al. [73] состояние хронического стресса оценивали с помощью 3 методов: опросника «Субъективная оценка стресса (PSS)», опросника настроения «Общего расстройства настроения (Profile of Mood States, POMS)», а также физиологического показателя – по уровню и динамике стрессового гормона кортизола в слюне в первый час после пробуждения [73]. Все три теста были тесно взаимосвязаны друг с другом и указывали на наличие хронического стресса у испытуемых. Важно, что результаты всех трёх тестов стресса положительно и сильно ($r=0,68-0,78$) коррелировали с площадью колебаний

ОЦД в привычной стойке с закрытыми глазами, авторы отмечают влияние стрессового состояния на регуляцию позы, особенно в более сложных сенсорных условиях (ЗГ). Интересно, что именно в стойке на стабилоплатформе с ЗГ мы также выявили существенные корреляции между снижением индексов ВСР с ростом скорости колебаний ОЦД.

На основе литературных данных можно представить следующий механизм негативного влияния стресса, выявленного индексами ВСР, на регуляцию позы. Снижение парасимпатических индексов ВСР у гимнасток в конце сезона отражает накопление симпатической активности в автономной нервной системе и, в основном, в автономных влияниях на ритм сердца, что можно интерпретировать как более напряженное стрессовое состояние. Синхронность снижения ВСР с увеличением амплитуды и скорости колебаний ОЦД у гимнасток МС, вероятно, не связано с прямыми эффектами автономной нервной системы на постуральную регуляцию, поскольку автономная и соматическая нервные системы имеют различные эфферентные пути. Однако это можно объяснить тесным взаимодействием на уровне надсегментарных структур центральной нервной системы, а именно на уровне ретикулярной формации и лимбико-кортикальных сетей [106]. Согласно современным представлениям, центры, входящие в постуральную регуляцию, и структуры, управляющие автономной регуляцией вегетативных органов организма, связаны на уровне ретикулярной формации ствола [106]. Так, центры постуральной регуляции в стволе мозга включают ретикулярные, вестибулярные двигательные ядра, а также мезэнцефальную локомоторную область [78, 149, 199]. Эти двигательные центры ствола получают управляющие сигналы из мозжечка, базальных ганглиев и различных отделов двигательной коры [79, 102] и через экстрапирамидную систему, влияют на активность спинномозговых альфа-мотонейронов, регулируют позу и её равновесие в зависимости от текущих условий [166, 199]. С другой стороны, к стволовым центрам, структурно связанным с ВСР, относятся «ядро одиночного пути» (*Nucleus tractus solitarius*), являющееся основным интеграционным

центром афферентной информации и регуляции аппарата кровообращения; парасимпатические ядра: «неоднозначное ядро» (Nucleus ambiguus) и дорсальное двигательное ядро блуждающего нерва (Dorsal motor nucleus of the vagus), которые оказывают ключевое влияние на парасимпатические индексы ВСР (RMSSD, HF) [127], а также нейроны вентролатеральной области продолговатого мозга (Rostral ventrolateral medulla), известные как прессорный центр продолговатого мозга, осуществляющий главное симпатическое влияние на сосуды и сердце [64, 207]. Все эти стволые структуры объединяются в единую автономную систему регуляции сердечного ритма. Ключевым ядром этой концепции является структурно-функциональная связь между системой автономных структур, регулирующих сердечную активность и ритм, и системой двигательных ядер, регулирующих позу и равновесие [108, 145]. В частности, получены экспериментальные подтверждения наличия прямых нейрональных связей от интеграционного центра кардиососудистой афферентации аппарата кровообращения Nucleus tractus solitarius до двигательных ретикулярных центров, что позволяет морфологически связать регуляцию ритма сердца с постуральным контролем [108]. Таким образом, обнаруженное нами снижение ВСР, указывающее на повышение уровня центрального возбуждения [83], может отражать накопление психофизиологического стресса к концу соревновательного сезона у гимнасток МС, с другой стороны, эти автономные влияния через ретикулярную формацию могут изменять регуляцию мышечного тонуса, модулировать постуральные рефлексy и, в целом, влиять на эффективность регуляции позы [106]. Важно, что в условиях физиологического стресса управление позой переходит от автоматизированного и автономного к более централизованному под контролем корковых двигательных структур. Такое центральное управление позой считается менее эффективным, поскольку оно сопровождается увеличением мышечных сокращений антагонистов при снижении гибкости сенсорной интеграции в постуральной регуляции [106]. В результате, у гимнасток в состоянии повышенного психофизиологического напряжения регуляция позы

становится менее эффективной, что отражается в больших амплитудах и скоростях колебаний ОЦД в стойке на стабилоплатформе особенно с закрытыми глазами в конце сезона. Схожие результаты были получены другими авторами, но в других экспериментах [72, 172]. Таким образом, на наш взгляд выявленные изменения ВСП и устойчивости позы, а также корреляции между ними, указывающие на напряжение центральных структур, регулирующих ритм сердца и вертикальную позу, могут свидетельствовать о влиянии хронического физиологического стресса на устойчивость позы.

4.4 Взаимосвязь устойчивости вертикальной позы с подвижностью стоп и тактильной чувствительностью подошвы у эстетических гимнасток

Проведенное исследование связи особенностей регуляции позы у эстетических гимнасток с амплитудой плантарного сгибания стоп и тактильной чувствительностью подошвы стоп позволяет выделить главные результаты, определяющие последующее обсуждение.

Во-первых, устойчивость вертикальной позы, в стойке на устойчивой стабилоплатформе и на подвижном по сагиттали и фронтоли пресс-папье не отличается, а активность механизмов поддержания устойчивости позы, по данным скорости колебаний ОЦД, в стойке на стабилоплатформе была выше, а на подвижном пресс-папье с ОГ – ниже, чем в ГК. Высокая активность механизмов поддержания устойчивости позы (высокая ЛСС) в привычной стойке на твердой опоре связана с повышенной амплитудой плантарного сгибания стоп.

Во-вторых, регуляция позы у эстетических гимнасток в значительной мере зависит от зрительной информации, поскольку увеличение стабильнографических показателей при лишении зрительной информации у гимнасток было выше, чем у спортсменок негимнасток.

В-третьих, система регуляции позы у гимнасток эффективно использует соматосенсорную от голеностопа, зрительную и, вероятно,

вестибулярную информацию, поскольку степень прироста ELLS при переходе с устойчивой стабиллоплатформы на подвижном пресс-папье у гимнасток была ниже, чем в ГК. Высокая тактильная чувствительность подошвы стоп и эффективность интеграции зрительной информации у гимнасток способствуют увеличению устойчивости позы в стойке на подвижной опоре – пресс-папье, особенно с открытыми глазами.

В данной части работы были получены результаты на другой выборке спортсменок, занимающихся эстетической и художественной гимнастикой, а группой сравнения были бывшие спортсменки разных видов, но не занимавшиеся никакими видами гимнастики. Полученные данные на стабиллоплатформе снова подтвердили предыдущие данные, полученные в динамическом наблюдении: скорости колебаний ОЦД в стойке на стабиллоплатформе и с ОГ, и с ЗГ были выше, чем у девушек ГК, что, согласно общепринятой концепции оценки стабиллометрических показателей, указывает на менее эффективную регуляцию позы у эстетических гимнасток в обычной стойке.

Это указывает на парадоксальное повышение активности механизмов регуляции вертикальной позы и её меньшую эффективность в привычных биопорных стойках у гимнасток относительно спортсменок негимнасток. Сниженные показатели устойчивости вертикальной позы у гимнасток были ранее показаны и другими авторами [169], в том числе у танцовщиц балета [76], у которых также отмечается гиперподвижность стопы в голеностопном суставе [69]. Среди возможных причин повышенной активности постуральной регуляции у гимнасток может быть высокая подвижность стопы в голеностопном суставе у гимнасток [132, 206]. Проведенный нами корреляционный анализ показал, что между выявленными повышенными ЛСС-ОГ и ЛСС-ЗГ на СТП и увеличенными амплитудами плантарного сгибания стоп (Таблица 32) обнаружены умеренные положительные корреляции ($r=0,39$; $p<0,05$ ЛСС-ОГ и ЗГ vs ПС-П; $r=0,43$; $p<0,05$ ЛСС-ОГ vs ПС-Л; $r=0,46$; $p<0,01$ ЛСС-ЗГ vs ПС-Л). То есть высокая подвижность голеностопного сустава в

плантарном направлении оказывает негативное влияние на устойчивость вертикальной позы в стойке на твердой и устойчивой опоре, частично объясняя высокую скорость колебаний ОЦД у гимнасток. Наши данные противоречат работам, показавшим отрицательное влияние, например, срочного ограничения подвижности тейпом [54] или хронического снижения гибкости голеностопа на постуральное статическое равновесие у пожилых лиц [155] или у нетренирующихся студентов [198]. Однако наши результаты согласуются с результатами работ, полученными на выборках спортсменов и молодых испытуемых [132, 206], в которых установлены положительные корреляции между подвижностью стопы и колебаниями вертикального тела.

В частности, Kim S.G. et al. [132] на выборке молодых лиц установили положительные корреляции скорости колебаний ОЦД с активной и пассивной амплитудой плантарного сгибания голеностопного сустава ($r=0,27-0,46$) в стойке с открытыми и закрытыми глазами, причем корреляции пассивной плантарной подвижности с колебаниями ОЦД оставались существенными во множественном регрессионном анализе при включении в расчёт силы мышц голеностопного сустава. Авторы предположили, что высокая растянутость или «слабость» несократительных структур голеностопного сустава при высокой гибкости может иметь негативное значение в регуляции устойчивости позы.

В исследовании на 655 спортсменах 9 видов спорта, но без группы художественных гимнасток, обнаружено [206], что амплитуда колебаний ЦД во фронтальной плоскости положительно коррелировала с амплитудой плантарного сгибания стопы, то есть высокая плантарная подвижность способствует большему раскачиванию тела. Однако механизмы выявленной корреляции авторы не рассматривали. Более того, острая растяжка икроножных мышц путем серии наклонов туловища вниз у молодых людей, по данным Lima V.N. et al. [146], увеличивает скорость раскачивания тела в моноопорной стойке, что указывает на негативные эффекты срочной растяжки голеностопа (и увеличения гибкости голеностопа) на постуральную устойчивость.

Почему корреляции выявлены не в стойке на ПП, а на СТП? Возможно, высокая подвижность стопы связана с пониженной проприоцептивной чувствительностью голеностопного сустава в привычном диапазоне движений стопы, то есть с минимальными амплитудами колебаний в голеностопном суставе, которые регистрируются в стойке на твердой и устойчивой опоре, что и объясняет сниженную устойчивость позы у гимнасток в обычной стойке на стабилоплатформе. Действительно, в некоторых работах показано, что соматосенсорная чувствительность коленного сустава у спортсменов с высокой гибкостью, например, у профессиональных танцоров балета может быть понижена [49]. В соответствии с этим утверждением обнаружено, что пятимесячная тренировка в балете, вызывая увеличение силы икроножных мышц, не ведёт к улучшению точности пассивного воспроизведения положения стопы, а также не повышает постуральное равновесие, что косвенно может указывать на негативные факторы длительного стретчинга голеностопа в отношении развития проприоцепции стопы и регуляции позы [188]. Также можно предположить, что у гимнасток (в нашем измерении) имелась гипермобильность суставов – избыточная амплитуда плантарного движения стопы - которая, как правило, значительно чаще встречается у гимнасток и танцовщиц [197] и связана с нарушением соматосенсорной чувствительности голеностопного сустава [33, 147], способствуя нарушениям постуральной устойчивости [147]. Показано, например, что у танцоров балета (что, по-видимому, применимо и к художественным гимнасткам) количество травм нижних конечностей и голеностопного сустава крайне высоко - от 50 до 75% танцоров получают травмы за сезон [50], что ведёт к нарушению проприоцепции голеностопного сустава и снижению устойчивости позы [147]. В этом контексте следует заметить, что, как правило, постуральная устойчивость после острых растяжений связок голеностопа восстанавливается в течение примерно 8 недель, однако, в некоторых случаях полное восстановление равновесия может превышать полтора года [142]. Следовательно, несмотря на то, что наши гимнастки были здоровы, возможные

предыдущие травмы и микротравмы могли вызвать соматосенсорные нарушения, ассоциированные с гипермобильностью.

Таким образом, мы полагаем, что высокие скорости колебаний ОЦД у гимнасток в стойке на стабиллоплатформе и умеренные корреляции с высокой плантарной подвижностью стопы могут объясняться нарушением соматосенсорных свойств голеностопа, которые особенно проявляются при «малоамплитудных» постуральных колебаниях в стойке на устойчивой опоре, где малые растяжения связочного аппарата ведут к меньшей активации проприорецепторов. Однако этот эффект соматосенсорного дефицита в обычной стойке исчезает при более высоких амплитудах колебаний ОЦД в стойке на пресс-папье. Вероятно, точность проприоцепции голеностопа в этих условиях может быть активирована ввиду более сильного натяжения несократительных структур сустава, подключения проприорецепторов активных мышц и адаптаций на основе упреждающих механизмов в центральном звене регуляции позы, сформированных при выполнении гимнастических упражнений в стойках на носках. В частности, в отдельных работах показано, что точность воспроизведения больших углов в голеностопном суставе у гимнасток и танцоров балета выше, чем у контрольных испытуемых [45]. В пользу этого предположения свидетельствует тенденция к сниженной ELLS в стойке на ППф-ОГ, а также существенно сниженная ЛСС в стойке на ППс-ОГ. То есть устойчивость позы у гимнасток была выше именно в стойках на пресс-папье, при высоких амплитудах и скоростях колебаний ОЦД. Повышенная устойчивость позы у профессиональных танцоров балета была выявлена так же, как в нашей работе, в стойках на сагиттальном и фронтальном пресс-папье ранее [99]. Вместе с тем данное предположение требует экспериментального подтверждения.

Следующий результат, требующий обсуждения, - это более значительные приросты ELLS и ЛСС в стойках с ЗГ на пресс-папье: ELLS-ЗГ/ОГ на ППф и ЛСС-ЗГ/ОГ на ППс, что в литературе трактуется как визуальная зависимость постуральной регуляции [76, 99, 163, 183]. Однако в нашей работе повышение

отношений ELLS-ЗГ/ОГ-ППф и ЛСС-ЗГ/ОГ-ППс было обусловлено сниженными ELLS-ОГ-ППф и ЛСС-ОГ-ППс в стойках с ОГ, но не повышенными величинами в стойках с ЗГ. Поэтому следует говорить о повышенной эффективности использования зрительной информации для регуляции позы в более сложных стойках на подвижных опорах у гимнасток, но не о дефиците равновесия при отсутствии зрительной поддержки, которая почти всегда (кроме повышенной ЛСС-СТП-ЗГ) соответствовала спортсменкам ГК.

Литературные данные относительно прироста отношений ELLS-ЗГ/ОГ-ППф и ЛСС-ЗГ/ОГ-ППс, по смыслу схожих с классическим коэффициентом Ромберга, у гимнасток или балерин противоречивы. С одной стороны, выявляют истинную зависимость постурального контроля от визуальной информации у гимнасток за счет повышенных колебаний ЦД в стойках с ЗГ [99, 163, 169]. Однако есть ряд исследований, которые в соответствии с нашими результатами указывают на повышенную устойчивость позы гимнасток как раз в стойках с ЗГ [99, 163, 169, 206], что так же, как у нас, ведёт к повышенным коэффициентам Ромберга [163].

Повышение устойчивости позы в стойке на пресс-папье с ОГ у гимнасток является важной особенностью постуральной регуляции. Следует отметить, что тестирование в стойке на ПП с ОГ в большей мере, чем в стойке на устойчивой стабилоплатформе, указывает на эффективность использования зрения [99]. Следовательно, у гимнасток эффективность интеграции зрительной информации в системе постурального контроля была выше, чем у спортсменок ГК. Механизм улучшения позы при наличии визуального контроля у гимнасток, по-видимому, обусловлен регулярным использованием зрительной информации для поддержания равновесия и ориентации в пространстве относительно окружающих предметов (при упражнениях с предметами) и партнеров при выступлении, особенно в группах. Одним из специфических критериев групповых выступлений в эстетической и художественной гимнастике является синхронность выполнения композиций. Синхронность

движений во многом обеспечивается зрительным контролем, при котором визуальная информация напрямую регулирует скорость и амплитуду движений гимнасток. Кроме того, зрительный контроль позы относится к упреждающим механизмам, то есть визуальные сигналы запускают постуральные коррекции заранее, до ожидаемого нарушения позы [58], что является эффективным для сохранения равновесия позы в различных статических и динамических условиях. Таким образом, развитие эффективности регуляции позы при участии зрительной информации является адекватной адаптацией у гимнасток, обеспечивающей более точный двигательный контроль и спортивный результат.

В соответствии со вторым выводом подглавы, у гимнасток отмечались сниженные приросты ELLS и ЛСС при ОГ при переходе на пресс-папье (то есть отношений ELLS-ППф/СТП-ОГ и ЛСС-ПП(ф/с)/СТП-ОГ), которые коррелировали с тактильной чувствительностью подошвы стоп. Таким образом, более устойчивая поза на подвижной опоре (ЛСС-ППс-ОГ) у гимнасток была обусловлена не только эффективностью зрительного контроля позы, но и высокой тактильной чувствительностью подошв, возможно, во взаимодействии между ними. Множественный регрессионный анализ подтвердил, что порог тактильной чувствительности является независимой от подошвенного сгибания переменной, ассоциированной с приростом ELLS-ППф/СТП и ЛСС-ППф/СТП на подвижной платформе. Можно предположить, что у гимнасток высокая тактильная чувствительность обеспечивала необходимую сенсорную информацию для сохранения равновесия на подвижной пресс-папье, а система регуляции позы эффективнее переключалась и использовала кожную чувствительность подошвы.

Тактильная сенсорная система подошвы вносит важный вклад в регуляцию постурального баланса из-за исключительной способности кодировать изменения давления на подошву, возникающие в результате смещения центра давления [213]. Как правило, снижение чувствительности кожи подошвы связано с нарушениями устойчивости позы [60]. Напротив,

усиление сенсорного потока от подошвы, например, за счет неощущаемой стимуляции подошвы [213], приводит к росту стабильности позы. Важно отметить, что тактильная чувствительность подошвы коррелировала с устойчивостью позы на пресс-папье, но не на стабиллоплатформе, то есть в условиях с искажением проприоцептивной информации от голеностопного сустава, требующих переключения на более точные сигналы о равновесии.

Работ, изучающих тактильную чувствительность у художественных гимнасток, как и у других спортсменов, крайне мало. Можно выделить работу о повышенной чувствительности подошвы к вибрации у гимнасток по сравнению с волейболистками [34], что, в целом, согласуется с нашими данными. Похожее исследование проводилось на балеринах, которые имеют сходство по тренируемым способностям с нашей группой гимнасток [61]. Установлено, что у балерин в сравнении с группой спортсменок, не занимающихся балетом, порог тактильной чувствительности был снижен только на уровне головки пятой плюсневой кости, без различий в других четырех областях подошвы, также динамическое равновесие в тесте на отведение ноги (Y-баланс тест) и гибкость всех суставов нижних конечностей у балерин были повышены. Однако, по данным корреляционного анализа, высокое динамическое равновесие не было связано с повышенными тактильной чувствительностью и гибкостью суставов у балерин [34]. Однако в этой работе регистрировали динамическое, а мы – статическое равновесие, что частично объясняет несоответствие результатов.

Механизмы повышения тактильной чувствительности у гимнасток не ясны. Следует учесть, что, как правило, гипермобильность голеностопа негативно влияет на тактильную чувствительность подошвы [61], то есть предполагаемая гипермобильность голеностопа скорее будет негативно влиять на тактильную чувствительность у гимнасток. Мы полагаем, что занятия босиком на упругом, но мягком ковре с ворсистым покрытием в гимнастике способствует развитию тактильной чувствительности подошвы, по крайней мере, на уровне центральных отделов узнавания тактильных стимулов. Схожее

предположение было высказано в работе Schlee et al. [187], в которой авторы объяснили повышенную вибрационную тактильную чувствительность подошвы гимнасток по сравнению с волейболистками занятиями в гимнастике без обуви. Мягкая и упругая поверхность гимнастического ковра, снижая реакцию опоры на давление стопы, нарушает эффективность обычных механизмов регуляции позы на основе проприоцепции и особенно тактильной подошвенной информации [60, 85], заставляет перестраиваться регуляцию равновесия на использование других соматосенсорных, а также зрительных и вестибулярных сигналов [189, 213].

То есть способность к интеграции и взвешиванию ценности сенсорных сигналов должна существенно тренироваться у гимнасток, что подтверждается рядом специалистов [96, 183, 201]. С другой стороны, голая подошва обеспечивает более плотный контакт с ковром, увеличивает качество (точность и ценность сигналов) и количество (сумма всех сигналов) тактильной информации [91]. Как следствие, такое взаимодействие двух факторов: мягкость и упругость опоры гимнастического ковра и многолетняя тренировка без обуви должна вызвать адаптации тактильной сенсорной системы, что и будет механизмом роста тактильной чувствительности подошвы у гимнасток. Повышение тактильной чувствительности и постурального равновесия в результате экспериментальной босой тренировки у пожилых лиц было подтверждено в работе Korchi et al. [139], подкрепляя наше предположение. Кроме того, можно предположить, что обследованные гимнастки обладали врожденной повышенной кожной чувствительностью стоп. Таким образом, выявленная нами повышенная тактильная чувствительность подошвы стоп способствует устойчивости вертикальной позы, особенно в стойке на подвижной опоре или прямо через усиление потока кожной сенсорной информации в центры регуляции позы или через активацию проприоцептивных свойств голеностопного сустава.

4.5 Ограничения исследований

При обсуждении полученных результатов необходимо учитывать ряд организационных и методических особенностей, которые относятся к ограничениям нашего исследования.

Во-первых, наша работа по своему дизайну является лонгитюдным наблюдением. Динамика показателей оценивалась в ключевые периоды соревновательного сезона без количественного учета тренировочных нагрузок – объема, интенсивности, количества занятий. Это обусловлено сложностью проведения экспериментальных исследований в условиях реальной подготовки высококвалифицированных спортсменок, где тренировочный процесс является приоритетным и не может быть подчинён исследовательским задачам. В ряде случаев тренерский коллектив стремится избегать дополнительных тестирующих воздействий на спортсменок перед ответственными стартами. В связи с этим наши выводы отражают корреляционные, а не причинно-следственные взаимосвязи между изучаемыми факторами и постуральной устойчивостью. Вместе с тем трёхкратное обследование на основных этапах сезона (в периоды подготовки к Чемпионату России, Кубку России и Кубку мира) позволило зафиксировать значимые изменения и сделать обоснованные заключения в рамках поставленных задач. Более того, проведение измерений именно в соревновательные периоды повышает экологическую валидность работы, так как полученные данные (антропометрия, постуральная устойчивость, вегетативная регуляция сердца) отражают специфическое функциональное состояние гимнасток в условиях, максимально приближенных к их основной соревновательной деятельности.

Во-вторых, оценка психофизиологического стресса проводилась с использованием непрямых методов: субъективного опросника RESTQ-Sport и показателей вариабельности ритма сердца, отражающих преимущественно вегетативный баланс симпато-парасимпатических влияний на сердце. Мы не проводили прямого измерения концентраций гормонов стресса

(кортикотропина, кортизола, катехоламинов), что не позволяет с полной уверенностью судить об активности центральных стресс-реализующих систем (гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой и симпато-адреналовой осей). Однако следует подчеркнуть, что выбранные методы (в частности, временные и спектральные показатели ВРС) являются валидными, информативными и широко применяемыми в спортивной физиологии для оценки текущего уровня психофизиологического напряжения, что делает их использование оправданным для целей нашего исследования – оценки психофизиологического стресса.

В-третьих, в качестве контрольной группы выступали бывшие спортсменки, прекратившие систематические тренировки более 3 лет назад. Хотя это позволило минимизировать влияние текущих тренировок на результаты, нельзя полностью исключить наличие у них остаточных повышенных способностей, в том числе навыков регуляции равновесия, антропометрических особенностей, приобретённых за годы занятий спортом. В частности, в группе контроля сохранялись некоторые черты мезоморфного телосложения и повышенная физическая подготовленность (что подтверждалось схожими значениями PWC170 и повышенными величинами максимальной кистевой динамометрии), что могло частично нивелировать различия с группой гимнасток по ряду показателей. Тем не менее, по основным антропометрическим и функциональным (ВРС) параметрам группа контроля всё же отличалась от спортсменок, что позволило выявить специфические закономерности в постуральной устойчивости, характерные именно для эстетических гимнасток.

Выводы

1. У эстетических гимнасток высокой квалификации (МС) наблюдается сниженная устойчивость вертикальной позы в тестах с закрытыми глазами (на стабиллоплатформе и пресс-папье), что отражает выраженную зависимость поструральной регуляции от зрительной афферентации. Также у них выявлены повышенные пределы устойчивости в динамическом тесте с максимальным наклоном в сагиттальной плоскости, свидетельствующее о высоком динамическом равновесии. Динамика устойчивости вертикальной позы в различных тестах в течение сезона у гимнасток мастеров спорта разнонаправлена: исходно сниженные показатели в стойке на фронтальной пресс-папье с закрытыми глазами и в тесте со зрительной обратной связью большого масштаба к концу сезона улучшались, что отражает эффект обучения сохранять стабильность позы в сложных условиях. Напротив, поструральная устойчивость в стандартной стойке с закрытыми глазами у гимнасток мастеров спорта к концу сезона снижалась, что было связано с нарастанием психофизиологического напряжения вследствие высоких соревновательно-тренировочных нагрузок.

2. Эстетические гимнастки высокой квалификации (МС) по сравнению с неспортсменками обладают специфическими антропометрическими особенностями: нормальной шириной таза, более широким плечевым поясом, сагиттально уплощённой грудной клеткой и более узкими дистальными эпифизами плеч, бедра и голени. Масса тела у мастеров спорта (в среднем составляла 53,8 кг) снижена за счёт жирового, костного и, в меньшей мере, мышечного компонентов (по методу Й. Матейки), при этом относительные значения мышечной и костной массы не отличаются от величин в контрольной группе. Соматотип по Хит-Картеру у гимнасток МС (3,0-3,6-3,2) характеризуется как мезо-экторморфный. В течение соревновательного сезона в группах спортсменок, особенно в группе КМС, происходило накопление массы тела за счёт жирового компонента, что проявлялось в увеличении эндоморфии,

снижении относительной мышечной массы и, в целом, эктоморфии. Корреляционный анализ выявил, что высокий индекс эктоморфии и низкий ИМТ ассоциированы с большей площадью и скоростью колебаний центра давления на стабильной и подвижной (фронтальной) опоре (пресс-папье) при закрытых глазах, что указывает на негативное влияние эктоморфного телосложения на постуральную устойчивость, особенно в сенсорно-усложнённых условиях.

3. В течение соревновательного сезона гимнастики обеих групп (МС и КМС) не отличались от физически активных студенток по уровню психофизического стресса, определенного с помощью опросника RESTQ-Sport, однако уровень категории «Спортивное восстановление» у гимнасток был выше в январе и особенно в апреле. Изменения субъективных ощущений психофизического стресса и восстановления в отдельные периоды коррелировали с изменениями устойчивости позы, но эти субъективные факторы не являлись определяющими для динамики постуральной регуляции в течение сезона. К концу сезона, моменту главных стартов, у гимнасток МС зафиксировано накопление физиологического стресса по показателям вариабельности ритма сердца (снижение RMSSD и SDNN, увеличение SI по Р. Баевскому). Увеличение площади и скорости колебаний тела в обычной стойке с закрытыми глазами в конце сезона было связано как с ростом SI ($r=0,33$; $p<0,05$ и $r=0,45$; $p<0,01$, соответственно), так и со снижением RMSSD ($r=-0,40$; $p<0,05$ и $r=-0,52$; $p<0,01$, соответственно), что свидетельствует о негативном влиянии роста психофизиологического стресса на устойчивость вертикальной позы, особенно в условиях отсутствия зрительного контроля.

4. Для эстетических гимнасток характерны высокая подвижность стопы (плантарное сгибание в среднем выше на 22%, $p<0,01$) в голеностопном суставе и сниженный в среднем на 38-40% ($p<0,05-0,01$) порог тактильной чувствительности подошв стоп. Повышенная скорость колебаний тела в стойке на устойчивой опоре с открытыми и закрытыми глазами у гимнасток

положительно коррелировала с максимальной амплитудой плантарного сгибания правой ($r=0,39$; $p<0,05$) и левой ($r=0,43-0,46$; $p<0,05-0,01$) стопы, что указывает на негативное влияние гипермобильности голеностопа на постуральную устойчивость. Напротив, более низкие пороги тактильной чувствительности правой ($r=0,35-0,72$; $p<0,05-0,01$) и левой ($r=0,35-0,50$; $p<0,05-0,01$) подошвы стоп у гимнасток были связаны с меньшими площадями колебаний тела в стойке на подвижном пресс-папье, что указывает на роль повышенной тактильной чувствительности в обеспечении постуральной устойчивости в усложнённых условиях на подвижной опоре.

Практические рекомендации

1. Результаты и выводы диссертации о сниженной постуральной устойчивости вертикальной позы и её взаимосвязи с подвижностью голеностопа и тактильной чувствительностью подошвы у эстетических гимнасток рекомендуется использовать в преподавательско-тренерской деятельности для повышения эффективности тренировочного процесса в части развития способности к равновесию тела у гимнастов.

2. Данные об антропометрических особенностях и морфологии тела высококвалифицированных эстетических гимнасток могут использоваться для отбора спортсменок в команды высшего и элитного (национального) уровня. Выявленные высокие темпы увеличения массы тела у гимнасток в возрасте 17-20 лет необходимо учитывать в прогнозировании телосложения и спортивных результатов у эстетических гимнасток.

3. Результаты и выводы о динамике психофизиологического стресса позволяют рекомендовать использовать междисциплинарный подход на основе использования как субъективных психометрических опросников, так и объективных физиологических маркеров стресса, например, показателей вариабельности ритма сердца (RMSSD, LF/HF, SI Р. Баевского) с целью динамических наблюдений за уровнем психофизиологического стресса.

Список сокращений и условных обозначений

- АКТГ – адренокортикотропного гормона
АПК – аппаратно-программный комплекс
ВСР – вариабельность сердечного ритма
ГГНО – гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковая ось
ГК – группа «Контроль»
ДАД – диастолическое артериальное давление
ДР – дорсального разгибания
ЗГ – закрытые глаза
ЗОС – тест со зрительной обратной связью
ИМТ – индекс массы тела
КЖС – кожно-жировая складка
КМС – спортсменки с разрядом «Кандидат в мастер спорта»
КРГ – кортикотропин-рилизинг-гормон
КК – креатинкиназа
ЛСС – линейная средняя скорость колебаний ЦД
МС – спортсменки со званием «Мастер спорта»
МТ – масса тела
ОГ – открытые глаза
ОЦД – общий центр давления
ОЦМ – общий центр массы
ПЗДГК – передне-задний диаметр грудной клетки
ПД – пульсовое давление
ПДГК – Поперечный диаметр грудной клетки (ширина грудной клетки)
ППс – пресс-папье неустойчивое по саггитали
ППф – пресс-папье неустойчивое по фронтали
ПС – плантарного сгибания
САД – систолическое артериальное давление
САС – симпато-адреналовая система

СТП – стабилоплатформа

ЦД – центр давления

ЦМ – центр массы

ЧСС – частота сердечных сокращений

ШП – ширина плеч

ELLS – доверительная (95%) площадь эллипса колебаний ЦД

Список литературы

1. Баевский, Р. М. Анализ variability сердечного ритма в космической медицине / Р. М. Баевский // Физиология человека. – 2002. – Т. 28, № 2. – С. 70–82.
2. Березин, Ф. Б. Психическая и психофизиологическая адаптация человека / Ф. Б. Березин; АН СССР, Дальневост. отд-ние, Ин-т биол. пробл. Севера, М-во здравоохранения СССР, 1-й Моск. мед. ин-т им. И. М. Сеченова. – Ленинград: Наука. Ленинградское отделение, 1988. – 270 с.
3. Бунак, В. В. Антропометрия: практический курс, пособие для университетов / В. В. Бунак. – Москва: НАРКОМПРОСА РСФСР, 1941. – 367 с.
4. Волкова, Е. С. Морфологические показатели студентов-спортсменов различных специализаций / Е. С. Волкова, Е. П. Сальникова, А. С. Гребнева // Ученые записки СПбГМУ им. И. П. Павлова. – 2011. – № 2. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/morfologicheskie-pokazатели-studentov-sportsmenov-razlichnyh-spetsializatsiy>.
5. Выборная, К. В. Возрастная динамика антропометрических, физиометрических показателей и состава тела по секторам спортсменов, занимающихся художественной гимнастикой / К. В. Выборная, Р. М. Раджаббадиев, М. М. Семенов, Е. В. Беклемишева, А. А. Головин, Д. Б. Никитюк // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. – 2025. – № 6. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/voznrastnaya-dinamika-antropometricheskih-fiziometricheskih-pokazateley-i-sostava-tela-po-sektoram-sportsmenok-zanimayuschihhsya>.
6. Выборная, К. В. Особенности физического развития девочек и девушек, специализирующихся в художественной гимнастике / К. В. Выборная, М. М. Семенов, М. Ф. Захарова, Р. М. Раджаббадиев, Д. Б. Никитюк // Человек. Спорт. Медицина. – 2021. – Т. 21, № 3. – С. 14–22. – DOI: 10.14529/hsm210302.
7. Гурфинкель, В. С. Регуляция позы человека / В. С. Гурфинкель, Я. М. Коц, М. Л. Шик. – Москва: Наука, 1965. – 256 с.

8. Двурекова, Е. А. Соматотип как генетический маркер спортивных способностей на этапе начальной подготовки в художественной гимнастике / Е. А. Двурекова // Физическая культура, спорт и здоровье в современном обществе: сборник научных статей Всероссийской с международным участием научно-практической конференции / под редакцией А. В. Сысоева, О. Н. Савинковой, И. В. Смольяновой. – 2019. – С. 233–237.

9. Дубоносова, С. В. Комплексная оценка напряженности адаптации юных гимнасток в периоде пубертата / С. В. Дубоносова, Ю. Л. Веневцева // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. – 2024. – № 4. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kompleksnaya-otsenka-napryazhennosti-adaptatsii-yunyh-gimnastok-v-periode-pubertata>.

10. Евдокимова, Н. В. Особенности физического развития, менструальной функции и композиционного состава тела у детей, занимающихся профессиональным спортом (художественная гимнастика) / Н. В. Евдокимова, М. В. Бодрова, А. С. Соловьева, П. Д. Салкова, А. Р. Москвина // Медицина: теория и практика. – 2024. – № 2. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-fizicheskogo-razvitiya-menstrualnoy-funktsii-i-kompozitsionnogo-sostava-tela-u-detey-zanimayuschihsya-professionalnym>.

11. Ермакова, И. В. Современные представления о механизмах регуляции функции гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой системы / И. В. Ермакова // Новые исследования. – 2014. – № 4 (41). – С. 5–15.

12. Захарьева, Н. Н. Особенности морфофункционального статуса и аэробной выносливости у спортсменок, занимающихся художественной и эстетической гимнастикой / Н. Н. Захарьева, Л. А. Новикова, В. Д. Козлова, И. Д. Коняев // Современные вопросы биомедицины. – 2024. – № 3. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-morfofunktsionalnogo-statusa-i-aerobnoy-vynoslivosti-u-sportsmenok-zanimayuschihsya-hudozhestvennoy-i-esteticheskoy>.

13. Ковбас, Е. Ю. Русская версия опросника RESTQ–Sport (Kellman, Kallus, 2001 г.) для оценки состояния восстановления у спортсменов / Е. Ю. Ковбас // Лечебная физкультура и спортивная медицина. – 2015. – № 2. – С. 15–21.
14. Козлов, А. В. Взаимосвязь интенсивности накопления пульсового долга со скоростью образования кислородного запроса и накопления лактата в крови при выполнении предельных циклических упражнений различной продолжительности / А. В. Козлов, А. Н. Блеер, С. П. Левушкин, В. Д. Сонькин // Спортивная медицина: наука и практика. — 2022. — Т. 12, № 3. — С. 43–50. — DOI: 10.47529/2223-2524.2022.3.2.
15. Кокорина, Е. А. Морфофункциональные характеристики как критерии спортивного отбора в аэробике: автореферат диссертации ... кандидата педагогических наук: 13.00.04 / Кокорина Елена Алексеевна; [Место защиты: С.-Петербург. гос. акад. физ. культуры им. П. Ф. Лесгафта]. – Санкт-Петербург, 2007. – 19 с.
16. Корягина, Ю. В. Оценка динамики морфологического статуса и физических качеств девочек и девушек 4-17 лет, занимающихся художественной гимнастикой / Ю. В. Корягина, С. В. Нопин, О. Н. Акимкина // Российский журнал спортивной науки: медицина, физиология, тренировка. – 2024. – № 1. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-dinamiki-morfologicheskogo-statusa-i-fizicheskikh-kachestv-devochek-i-devushek-4-17-let-zanimayuschih-sya-hudozhestvennoy>.
17. Крупнова, А. Б. Асимметрия поддержания вертикальной позы здоровых испытуемых с различным уровнем выраженности состояний психоэмоционального напряжения / А. Б. Крупнова // Научные труды Московского гуманитарного университета. – 2014. – № 11. – С. 60–68.
18. Мандриков, В. Б. Сравнительная характеристика антропометрических показателей спортсменов высокой квалификации, занимающихся спортивной и художественной гимнастикой / В. Б. Мандриков,

Р. П. Самусев, Е. В. Зубарева, Е. С. Рудаскова, Г. А. Адельшина // Вестник ВолГМУ. – 2015. – № 1 (53). – С. 70–73.

19. Меерсон, Ф. З. Адаптация к стрессорным ситуациям и физическим нагрузкам / Ф. З. Меерсон, М. Г. Пшенникова. – Москва: Медицина, 1988. – 256 с.

20. Мельников, А. А. Особенности электроэнцефалограммы у спортсменов с высокой устойчивостью позы в стойках со зрительной обратной связью / А. А. Мельников, М. В. Дроненко, В. С. Березин, В. Л. Бойков // Современные вопросы биомедицины. – 2025. – Т. 9, № 2 (32). – DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_02_16.

21. Мусаева, У. А. Сравнительная оценка физического развития и компонентного состава массы тела спортсменок, занимающихся видами гимнастики / У. А. Мусаева, Л. Д. Сейдалиева, Ш. Т. Хайдаров // Fan-Sportga. – 2022. – № 3. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sravnitelnaya-otsenka-fizicheskogo-razvitiya-i-komponentnogo-sostava-massy-tela-sportsmenok-zanimayuschih-sya-vidami-gimnastiki>.

22. Негашева, М. А. Основы антропометрии: учебное пособие / М. А. Негашева. – Москва: Экон-Информ, 2017. – 216 с.

23. Никитюк, Б. А. Морфология человека / Б. А. Никитюк, В. П. Чтецов. – Москва: Издательство МГУ, 1983. – 320 с.

24. Новокщенова, О. И. Антропометрические характеристики спортсменок высокой квалификации, занимающихся художественной гимнастикой / О. И. Новокщенова // Вестник магистратуры. – 2015. – № 4-1 (43). – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/antropometricheskie-harakteristiki-sportsmenok-vysokoy-kvalifikatsii-zanimayuschih-sya-hudozhestvennoy-gimnastikoy>.

25. Ризаев, П. Г. Морфологические характеристики на различных этапах подготовки девочек в спортивной гимнастике / П. Г. Ризаев // Современный Ученый. – 2020. – С. 8–12.

26. Селье, Г. Очерки об адаптационном синдроме / Г. Селье. – Москва: Медгиз, 1960. – 254 с.
27. Соловьева, И. О. Влияние интенсивных физических нагрузок на репродуктивную систему девочек, занимающихся художественной гимнастикой / И. О. Соловьева, Н. Н. Венгерова, Д. А. Ниаури // Вестник Санкт-Петербургского университета. Медицина. – 2009. – № 3. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-intensivnyh-fizicheskikh-nagruzok-na-reproduktivnuyu-sistemu-devochek-zanimayuschih-sya-hudozhestvennoy-gimnastikoy>.
28. Стрельченко, А. А. Модельные морфологические характеристики танцоров старших разрядов / А. А. Стрельченко, А. И. Кравчук // Общество. Наука. Инновации. – 2009. – № 1 (75). – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/modelnye-morfologicheskie-harakteristiki-tantsorov-starshih-razryadov>.
29. Цаллагова, Р. Б. Особенности питания при занятии сложнокоординационными видами физической деятельности / Р. Б. Цаллагова, А. В. Кьергаард // Вестник Академии русского балета им. А. Я. Вагановой. – 2016. – № 6 (47). – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-pitaniya-pri-zanyatii-slozhnokoordinatsionnymi-vidami-fizicheskoy-deyatelnosti>.
30. Чаюн, Д. В. Биоимпедансный анализ компонентного состава тела девушек в гимнастических видах спорта / Д. В. Чаюн // Вестник Томского государственного университета. – 2025. – № 513. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/bioimpedansnyy-analiz-komponentnogo-sostava-tela-devushek-v-gimnasticheskikh-vidah-sporta>.
31. Ackerman, K. E. Bone microarchitecture is impaired in adolescent amenorrheic athletes compared with eumenorrheic athletes and nonathletic controls / K. E. Ackerman, T. Nazem, D. Chapko [et al.] // J Clin Endocrinol Metab. – 2011. – Vol. 96, No. 10. – P. 3123–3133. – DOI: 10.1210/jc.2011-1614.

32. Adkin, A. L. New insights on emotional contributions to human postural control / A. L. Adkin, M. G. Carpenter // *Front Neurol.* – 2018. – Vol. 9. – P. 9. – DOI: 10.3389/fneur.2018.00789.
33. Akkaya, K. U. Examination of foot sensations in children with generalized joint hypermobility / K. U. Akkaya, M. Burak, R. Yildiz, A. Yildiz, B. Elbasan // *Early Hum Dev.* – 2023. – Vol. 180. – P. 105755. – DOI: 10.1016/j.earlhumdev.2023.105755.
34. Alfuth, M. Comparison of plantar sensitivity, dynamic balance, and lower extremity joint range of motion between experienced female ballet dancers and female non-dancing athletes: a cross-sectional study / M. Alfuth, J. Luetkecosmann, A. Knicker // *J Dance Med Sci.* – 2021. – Vol. 25, No. 4. – P. 238–248. – DOI: 10.12678/1089-313X.121521c.
35. Allard, P. Relationship between morphologic somatotypes and standing posture equilibrium / P. Allard, M. L. Nault, S. Hinse, R. LeBlanc, H. Labelle // *Ann Hum Biol.* – 2001. – Vol. 28, No. 6. – P. 624–633. – DOI: 10.1080/03014460110047946.
36. Allum, J. H. Age-dependent variations in the directional sensitivity of balance corrections and compensatory arm movements in man / J. H. Allum, M. G. Carpenter, F. Honegger, A. L. Adkin, B. R. Bloem // *J. Physiol.* – 2002. – Vol. 542. – P. 643–663. – DOI: 10.1113/jphysiol.2001.015644.
37. Alonso, A. C. Relation between the Sensory and Anthropometric Variables in the Quiet Standing Postural Control: Is the Inverted Pendulum Important for the Static Balance Control? / A. C. Alonso, L. Mochizuki, N. M. Silva Luna, S. Ayama, A. C. Canonica, J. M. Greve // *Biomed Res Int.* – 2015. – Vol. 2015. – P. 985312. – DOI: 10.1155/2015/985312.
38. Alshammari, E. Markers of inflammation, endothelial activation and autoimmunity in adolescent female gymnasts / E. Alshammari, S. Shafi, J. Nurmi-Lawton, D. F. Burut, S. Lanham-New, G. Ferns // *J Sports Sci Med.* – 2010. – Vol. 9, No. 4. – P. 538–546.

39. Alvero-Cruz, J. R. Somatotype Components as Useful Predictors of Disordered Eating Attitudes in Young Female Ballet Dance Students / J. R. Alvero-Cruz, V. P. Mathias, J. C. García-Romero // *J. Clin. Med.* – 2020. – Vol. 9, No. 7. – P. 2024. – DOI: 10.3390/jcm9072024.
40. Andreeva, A. Postural stability in athletes: the role of sport direction / A. Andreeva, A. Melnikov, D. Skvortsov, K. Akhmerova, A. Vavaev, A. Golov, V. Draugelite, R. Nikolaev, S. Chechelnickaia, D. Zhuk, A. Bayerbakh, V. Nikulin, E. Zemková // *Gait Posture.* – 2021. – Vol. 89. – P. 120–125. – DOI: 10.1016/j.gaitpost.2021.07.005.
41. Arent, S. M. Arousal, anxiety, and performance: a reexamination of the Inverted-U hypothesis / S. M. Arent, D. M. Landers // *Research quarterly for exercise and sport.* – 2003. – Vol. 74, No. 4. – P. 436–444. – DOI: 10.1080/02701367.2003.10609113.
42. Ariely, D. Large stakes and big mistakes / D. Ariely, U. Gneezy, G. Loewenstein, N. Mazar // *Rev. Econ. Stud.* – 2009. – Vol. 76. – P. 451–469. – DOI: 10.1111/j.1467-937x.2009.00534.
43. Armada Martínez, C. Psychological Profile and Competitive Performance in Group Aesthetic Gymnastics / C. Armada Martínez, F. Cavas-García, A. Díaz-Suárez, A. Martínez-Moreno // *Front Sports Act Living.* – 2021. – Vol. 3. – P. 625944. – DOI: 10.3389/fspor.2021.625944.
44. Attenborough, A. S. Chronic ankle instability in sporting populations / A. S. Attenborough, C. E. Hiller, R. M. Smith, M. Stuelcken, A. Greene, P. J. Sinclair // *Sports Med.* – 2014. – Vol. 44, No. 11. – P. 1545–1556. – DOI: 10.1007/s40279-014-0218-2.
45. Aydin, T. Proprioception of the ankle: a comparison between female teenaged gymnasts and controls / T. Aydin, Y. Yildiz, C. Yildiz, S. Atesalp, T. A. Kalyon // *Foot Ankle Int.* – 2002. – Vol. 23. – P. 123–129. – DOI: 10.1177/107110070202300208.
46. Bacciotti, S. Body Physique and Proportionality of Brazilian Female Artistic Gymnasts / S. Bacciotti, A. Baxter-Jones, A. Gaya, J. Maia // *Journal of*

Sports Sciences. – 2017. – Vol. 36, No. 7. – P. 749–756. – DOI: 10.1080/02640414.2017.1340655.

47. Bacciotti, S. The Physique of Elite Female Artistic Gymnasts: A Systematic Review / S. Bacciotti, A. Baxter-Jones, A. Gaya, J. Maia // J Hum Kinet. – 2017. – Vol. 58. – P. 247–259. – DOI: 10.1515/hukin-2017-0075.

48. Baldari, C. VO₂max, ventilatory and anaerobic thresholds in rhythmic gymnasts and young female dancers / C. Baldari, L. Guidetti // J Sports Med Phys Fitness. – 2001. – Vol. 41, No. 2. – P. 177–182.

49. Barrack, R. L. Proprioception of the knee joint, paradoxical effect of training / R. L. Barrack, H. B. Skinner, S. D. Cook // Am J Phys Med. – 1984. – Vol. 63. – P. 175–181.

50. Barreau, X. Epidemiology of musculoskeletal injuries in professional ballet dancers at the Opéra de Paris / X. Barreau, C. Courtin, S. Ramos-Pascual, A. Kumble, M. Saffarini, A. Nogier // Clin J Sport Med. – 2024. – Vol. 35, No. 4. – P. 489–497. – DOI: 10.1097/JSM.0000000000001316.

51. Baumeister, R. F. Choking under pressure: self-consciousness and paradoxical effects of incentives on skillful performance / R. F. Baumeister // J Pers Soc Psychol. – 1984. – Vol. 46, No. 3. – P. 610–620. – DOI: 10.1037//0022-3514.46.3.610.

52. Beilock, S. L. Haste does not always make waste: expertise, direction of attention and speed versus accuracy in performing sensorimotor skills / S. L. Beilock, B. I. Bertenthal, A. M. Mccoy, T. H. Carr // Psychon. Bull. Rev. – 2004. – Vol. 11. – P. 373–379. – DOI: 10.3758/bf03196585.

53. Bellinger, P. Functional Overreaching in Endurance Athletes: A Necessity or Cause for Concern? / P. Bellinger // Sports Med. — 2020. — Vol. 50, No. 6. — P. 1059–1073. — DOI: 10.1007/s40279-020-01269-w.

54. Bennell, K. L. The differential effects of external ankle support on postural control / K. L. Bennell, P. A. Goldie // J Orthop Sports Phys Ther. – 1994. – Vol. 20, No. 6. – P. 287–295. – DOI: 10.2519/jospt.1994.20.6.287.

55. Berriel, G. P. Stress and recovery perception, creatine kinase levels, and performance parameters of male volleyball athletes in a preseason for a championship / G. P. Berriel, R. R. Costa, E. S. da Silva [et al.] // *Sports Med Open*. – 2020. – Vol. 6, No. 1. – P. 26. – DOI: 10.1186/s40798-020-00255-w.
56. Borresen, J. Autonomic control of heart rate during and after exercise: measurements and implications for monitoring training status / J. Borresen, M. I. Lambert // *Sports Med*. — 2008. — Vol. 38, No. 8. — P. 633–646. — DOI: 10.2165/00007256-200838080-00002.
57. Bouisset, S. Biomechanical study of the programming of anticipatory postural adjustments associated with voluntary movement / S. Bouisset, M. Zattara // *J Biomech*. – 1987. – Vol. 20, No. 8. – P. 735–742. – DOI: 10.1016/0021-9290(87)90052-2.
58. Bronstein, A. M. Multisensory integration in balance control / A. M. Bronstein // *Handb Clin Neurol*. – 2016. – Vol. 137. – P. 57–66. – DOI: 10.1016/B978-0-444-63437-5.00004-2.
59. Bruyneel, A. V. Organization of postural equilibrium in several planes in ballet dancers / A. V. Bruyneel, S. Mesure, J. C. Paré, M. Bertrand // *Neurosci. Lett*. – 2010. – Vol. 485. – P. 228–232. – DOI: 10.1016/j.neulet.2010.09.017.
60. Bueno, J. W. F. Association of foot sole sensibility with quiet and dynamic body balance in morbidly obese women / J. W. F. Bueno, D. B. Coelho, C. R. de Souza, L. A. Teixeira // *Biomechanics*. – 2021. – Vol. 1. – P. 334–345. – DOI: 10.3390/biomechanics1030028.
61. Burcal, C. J. Plantar cutaneous sensitivity with and without cognitive loading in people with chronic ankle instability, copers, and uninjured controls / C. J. Burcal, E. A. Wikstrom // *J Orthop Sports Phys Ther*. – 2016. – Vol. 46, No. 4. – P. 270–276. – DOI: 10.2519/jospt.2016.6351.
62. Butler, J. L. The trouble with friendly faces: skilled performance with a supportive audience / J. L. Butler, R. F. Baumeister // *J. Pers. Soc. Psychol*. – 1998. – Vol. 75. – P. 1213–1230. – DOI: 10.1037//0022-3514.75.5.1213.

63. Calavalle, A. R. Postural trials: expertise in rhythmic gymnastics increases control in lateral direction / A. R. Calavalle, D. Sisti, M. B. L. Rocchi, R. Panebianco, M. Del Sal, V. Stocchi // *Eur. J. Appl. Physiol.* – 2008. – Vol. 104. – P. 643–649. – DOI: 10.1007/s00421-008-0815-6.
64. Campos, R. R. Cardiac sympathetic premotor neurons / R. R. Campos, R. M. McAllen // *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology.* – 1997. – Vol. 272, No. 2. – P. R615–R620. – DOI: 10.1152/ajpregu.1997.272.2.r615.
65. Carter, C. W. Training the child athlete: physical fitness, health and injury / C. W. Carter, L. J. Micheli // *British Journal of Sports Medicine.* – 2011. – Vol. 45, No. 11. – P. 880–885. – DOI: 10.1136/bjsports-2011-090201.
66. Carter, J. E. L. The Heath-Carter anthropometric somatotype [Electronic resource] / J. E. L. Carter. – San Diego State University, Department of Physical Education, 2002. – URL: <https://www.mdthinducollege.org/ebooks/statistics/Heath-CarterManual.pdf>.
67. Carver, C. S. Attention and Self-Regulation / C. S. Carver, M. F. Scheier. – New York: Springer, 1981. – 320 p.
68. Chiari, L. Stabilometric parameters are affected by anthropometry and foot placement / L. Chiari, L. Rocchi, A. Cappello // *Clinical Biomechanics.* – 2002. – Vol. 17, No. 9-10. – P. 666–677. – DOI: 10.1016/s0268-0033(02)00107-9.
69. Cho, H. J. Foot and ankle joint movements of dancers and non-dancers: a comparative study / H. J. Cho, S. Kim, J. Y. Jung, D. S. Kwak // *Sports Biomech.* – 2019. – Vol. 18, No. 6. – P. 587–594. – DOI: 10.1080/14763141.2018.1452967.
70. Cleworth, T. W. Effects of postural threat on perceptions of lower leg somatosensory stimuli during standing / T. W. Cleworth, R. M. Peters, R. Chua, J. T. Inglis, M. G. Carpenter // *Front Neurosci.* – 2023. – Vol. 17. – P. 1191976. – DOI: 10.3389/fnins.2023.1191976.
71. Cleworth, T. W. Influence of real and virtual heights on standing balance / T. W. Cleworth, B. C. Horslen, M. G. Carpenter // *Gait Posture.* – 2012. – Vol. 36. – P. 172–176. – DOI: 10.1016/j.gaitpost.2012.02.010.

72. Coco, M. Postural Control and Stress Exposure in Young Men: Changes in Cortisol Awakening Response and Blood Lactate / M. Coco [et al.] // *International Journal of Environmental Research and Public Health*. – 2020. – Vol. 17, No. 19. – P. 7222. – DOI: 10.3390/ijerph17197222.
73. Coco, M. Stress exposure and postural control in young females / M. Coco, F. As, V. Perciavalle, T. Maci, P. Mc, V. Perciavalle // *Mol Med Rep*. – 2015. – Vol. 11. – P. 2135–2140. – DOI: 10.3892/mmr.2014.2898.
74. Cupisti, A. Injury survey in competitive sub-elite rhythmic gymnasts: results from a prospective controlled study / A. Cupisti, C. D'Alessandro, I. Evangelisti [et al.] // *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*. – 2007. – Vol. 47, No. 2. – P. 203–207.
75. Davis, J. R. The relationship between fear of falling and human postural control / J. R. Davis, A. D. Campbell, A. L. Adkin, M. G. Carpenter // *Gait Posture*. – 2009. – Vol. 29. – P. 275–279. – DOI: 10.1016/j.gaitpost.2008.09.006.
76. De Mello, M. C. Postural Control During Different Unipodal Positions in Professional Ballet Dancers / M. C. De Mello, A. de Sá Ferreira, L. Ramiro Felicio // *Journal of dance medicine & science: official publication of the International Association for Dance Medicine & Science*. – 2017. – Vol. 21, No. 4. – P. 151–155. – DOI: 10.12678/1089-313X.21.4.151.
77. De Oliveira, G. L. Assessment of Body Composition, Somatotype and Eating Disorders in Rhythmic Gymnasts / G. L. De Oliveira [et al.] // *Journal of Exercise Physiology Online*. – 2017. – Vol. 20, No. 1. – P. 1–12.
78. Deliagina, T. G. Neural Bases of Postural Control / T. G. Deliagina [et al.] // *Physiology*. – 2006. – Vol. 21, No. 3. – P. 216–225. – DOI: 10.1152/physiol.00001.2006.
79. Dijkstra, B. W. Functional neuroimaging of human postural control: A systematic review with meta-analysis / B. W. Dijkstra [et al.] // *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*. – 2020. – Vol. 115. – P. 351–362. – DOI: 10.1016/j.neubiorev.2020.04.028.

80. Dimitrova, D. Postural muscle responses to multidirectional translations in patients with Parkinson's disease / D. Dimitrova, F. B. Horak, J. G. Nutt // *J Neurophysiol.* – 2004. – Vol. 91, No. 1. – P. 489–501. – DOI: 10.1152/jn.00094.200.
81. Dobson, J. Selected Cardiovascular and Psychological Changes Throughout a Competitive Season in Collegiate Female Swimmers / J. Dobson, B. Harris, A. Claytor, L. Stroud, L. Berg, P. Chrysosferidis // *J Strength Cond Res.* – 2020. – Vol. 34, No. 11. – P. 3062–3069. – DOI: 10.1519/JSC.0000000000003767.
82. Douda, H. T. Physiological and anthropometric determinants of rhythmic gymnastics performance / H. T. Douda, A. G. Toubekis, A. A. Avloniti, S. P. Tokmakidis // *Int J Sports Physiol Perform.* – 2008. – Vol. 3, No. 1. – P. 41–54. – DOI: 10.1123/ijsp.3.1.41.
83. Draghici, A. E. The physiological basis and measurement of heart rate variability in humans / A. E. Draghici, J. A. Taylor // *J Physiol Anthropol.* – 2016. – Vol. 35. – P. 22. – DOI: 10.1186/s40101-016-0113-7.
84. Eckberg, D. L. Physiological basis for human autonomic rhythms / D. L. Eckberg // *Ann. Med.* – 2000. – Vol. 32. – P. 341–349.
85. Fabre, M. Large postural sways prevent foot tactile information from fading: neurophysiological evidence / M. Fabre, M. Antoine, M. G. Robitaille [et al.] // *Cereb Cortex Commun.* – 2020. – Vol. 2, No. 1. – P. tgaa094. – DOI: 10.1093/texcom/tgaa094.
86. Ferreira João, A. Somatotype and body composition of elite Brazilian gymnasts / A. Ferreira João, J. Fernandes Filho // *Sci Gymnastics J.* – 2015. – Vol. 7. – P. 45–53. – DOI: 10.52165/sgj.7.2.45-54.
87. Fields, J. B. Comparison of Body Composition Variables Across a Large Sample of National Collegiate Athletic Association Women Athletes From 6 Competitive Sports / J. B. Fields, C. J. Metoyer, J. C. Casey, M. R. Esco, A. R. Jagim, M. T. Jones // *J Strength Cond Res.* – 2018. – Vol. 32, No. 9. – P. 2452–2457. – DOI: 10.1519/JSC.0000000000002234.
88. Foisy, A. How Plantar Exteroceptive Efficiency Modulates Postural and Oculomotor Control: Inter-Individual Variability / A. Foisy, Z. Kapoula // *Frontiers*

in human neuroscience. – 2016. – Vol. 10. – P. 228. – DOI: 10.3389/fnhum.2016.00228.

89. Fong, D. T.-P. A systematic review on ankle injury and ankle sprain in sports / D. T.-P. Fong, Y. Hong, L. K. Chan, P. S. H. Yung, K. M. Chan // *Sports Medicine*. – 2007. – Vol. 37, No. 1. – P. 73–94. – DOI: 10.2165/00007256-200737010-00006.

90. Francis, P. A Comparison of Stride Length and Lower Extremity Kinematics during Barefoot and Shod Running in Well Trained Distance Runners / P. Francis, J. Ledingham, S. Clarke [et al.] // *J Sports Sci Med*. – 2016. – Vol. 15, No. 3. – P. 417–423.

91. Francis, P. From barefoot hunter gathering to shod pavement pounding: where to from here? A narrative review / P. Francis, G. Schofield // *BMJ Open Sport Exerc Med*. – 2020. – Vol. 6, No. 1. – P. e000577. – DOI: 10.1136/bmjsem-2019-000577.

92. Gannon, L. M. The quantification of joint laxity in dancers and gymnasts / L. M. Gannon, H. A. Bird // *J Sports Sci*. – 1999. – Vol. 17, No. 9. – P. 743–750. – DOI: 10.1080/026404199365605.

93. Garinger, L. M. The effect of perceived stress and specialization on the relationship between perfectionism and burnout in collegiate athletes / L. M. Garinger, G. M. Chow, M. Luzzi // *Anxiety Stress Coping*. – 2018. – Vol. 31, No. 6. – P. 714–727. – DOI: 10.1080/10615806.2018.1521514.

94. Gaspari, V. The Importance of Physical Fitness Parameters in Rhythmic Gymnastics: A Scoping Review / V. Gaspari, G. C. Bogdanis, I. Panidi [et al.] // *Sports (Basel)*. – 2024. – Vol. 12, No. 9. – P. 248. – DOI: 10.3390/sports12090248.

95. Gatev, P. Feedforward ankle strategy of balance during quiet stance in adults / P. Gatev, S. Thomas, K. Thomas, M. Hallett // *Journal of Physiology*. – 1999. – Vol. 514. – P. 915–928.

96. Gautier, G. Postural control and perceptive configuration: Influence of expertise in gymnastics / G. Gautier, R. Thouwarecq, N. Vuillerme // *Gait Posture*. – 2008. – Vol. 28. – P. 46–51. – DOI: 10.1016/j.gaitpost.2007.09.007.

97. Georgopoulos, N. A. Growth velocity and final height in elite female rhythmic and artistic gymnasts / N. A. Georgopoulos, A. Theodoropoulou, N. A. Roupas [et al.] // *Hormones (Athens)*. – 2012. – Vol. 11, No. 1. – P. 61–69. – DOI: 10.1007/BF03401538.
98. Goldberger, J. Sympathovagal balance: how should we measure it / J. Goldberger // *Am. J. Physiol. Heart. Circ. Physiol.* – 1999. – Vol. 276. – P. H1273–H1278.
99. Golomer, E. Right hemisphere in visual regulation of complex equilibrium: the female ballet dancers' experience / E. Golomer, F. Mbongo, Y. Toussaint, M. Cadiou, I. Israël // *Neurol Res.* – 2010. – Vol. 32, No. 4. – P. 409–415. – DOI: 10.1179/174313209X382476.
100. Golomer, E. The effects of maturation on self-induced dynamic body sway frequencies of girls performing acrobatics or classical dance / E. Golomer, P. Dupui, H. Monod // *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* – 1997. – Vol. 76, No. 2. – P. 140–144. – DOI: 10.1007/s004210050226.
101. Gorzalka, B. B. Integration of endocannabinoid signaling into the neural network regulating stress-induced activation of the hypothalamic-pituitary-adrenal axis / B. B. Gorzalka, M. N. Hill // *Curr Top Behav Neurosci.* – 2009. – Vol. 1. – P. 289–306. – DOI: 10.1007/978-3-540-88955-7_12.
102. Grillner, S. Neural bases of goal-directed locomotion in vertebrates—An overview / S. Grillner [et al.] // *Brain Research Reviews.* – 2008. – Vol. 57, No. 1. – P. 2–12. – DOI: 10.1016/j.brainresrev.2007.06.027.
103. Grooms, A. M. The female athlete triad / A. M. Grooms // *J Fla Med Assoc.* – 1996. – Vol. 83, No. 7. – P. 479–481.
104. Gurfinkel, V. S. Kinesthetic reference for human orthograde posture / V. S. Gurfinkel, Y. P. Ivanenko, Y. S. Levik, I. A. Babakova // *Neuroscience.* – 1995. – Vol. 68. – P. 229–243. – DOI: 10.1016/0306-4522(95)00136-7.
105. Hainaut, J. P. The role of trait anxiety on static balance performance in control and anxiogenic situations / J. P. Hainaut, G. Caillet, F. G. Lestienne, B.

Bolmont // *Gait Posture*. – 2011. – Vol. 33, No. 4. – P. 604–608. – DOI: 10.1016/j.gaitpost.2011.01.017.

106. Hall, K. J. Emotional State as a Modulator of Autonomic and Somatic Nervous System Activity in Postural Control: a Review / K. J. Hall, K. Van Ooteghem, W. E. McIlroy // *Frontiers in Neurology*. – 2023. – Vol. 14. – P. 1188799. – DOI: 10.3389/fneur.2023.1188799.

107. Heath, B. H. A modified somatotype method / B. H. Heath, J. E. L. Carter // *Am. J. Phys. Anthropol.* – 1967. – Vol. 27. – P. 57–74. – DOI: 10.1002/ajpa.1330270108.

108. Herbert, H. Connections of the parabrachial nucleus with the nucleus of the solitary tract and the medullary reticular formation in the rat / H. Herbert, M. M. Moga, C. B. Saper // *J Comp Neurol.* – 1990. – Vol. 293, No. 4. – P. 540–580. – DOI: 10.1002/cne.902930404.

109. Hof, A. L. The condition for dynamic stability / A. L. Hof, M. G. J. Gazendam, W. E. Sinke // *J Biomech.* – 2005. – Vol. 38, No. 1. – P. 1–8. – DOI: 10.1016/j.jbiomech.2004.03.025.

110. Horak, F. B. Central programming of postural movements: Adaptation to altered support-surface configurations / F. B. Horak, L. M. Nashner // *J. Neurophysiol.* – 1986. – Vol. 55. – P. 1369–1381. – DOI: 10.1152/jn.1986.55.6.1369.

111. 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. – Vol. 35, Suppl. 2. – P. 7–11. – DOI: 10.1093/ageing/afl077.

112. Horak, F. B. Postural perturbations: new insights for treatment of balance disorders / F. B. Horak, S. M. Henry, A. Shumway-Cook // *Phys Ther.* – 1997. – Vol. 77. – P. 517–533. – DOI: 10.1093/ptj/77.5.517.

113. Horslen, B. C. Effects of postural threat on spinal stretch reflexes: evidence for increased muscle spindle sensitivity? / B. C. Horslen, C. D. Murnaghan, J. T. Inglis, R. Chua, M. G. Carpenter // *J Neurophysiol.* – 2013. – Vol. 110. – P. 899–906. – DOI: 10.1152/jn.00065.2013.

114. Horslen, B. C. Modulation of human vestibular reflexes with increased postural threat / B. C. Horslen, C. J. Dakin, J. T. Inglis, J. S. Blouin, M. G. Carpenter // *J Physiol.* – 2014. – Vol. 592. – P. 3671–3685. – DOI: 10.1113/jphysiol.2014.270744.
115. Hsu, Y. S. Assessing the development of balance function in children using stabilometry / Y. S. Hsu, C. C. Kuan, Y. H. Young // *Int. J. Pediatr. Otorhinolaryngol.* – 2009. – Vol. 73, No. 5. – P. 737–740.
116. Huffman, J. L. Does increased postural threat lead to more conscious control of posture? / J. L. Huffman, B. C. Horslen, M. G. Carpenter, A. L. Adkin // *Gait Posture.* – 2009. – Vol. 30. – P. 528–532. – DOI: 10.1016/j.gaitpost.2009.08.001.
117. Huhmann, K. Menses Requires Energy: A Review of How Disordered Eating, Excessive Exercise, and High Stress Lead to Menstrual Irregularities / K. Huhmann // *Clin Ther.* – 2020. – Vol. 42, No. 3. – P. 401–407. – DOI: 10.1016/j.clinthera.2020.01.016.
118. Iannaccone, R. Conflict monitoring and error processing: new insights from simultaneous EEG-fMRI / R. Iannaccone, T. U. Hauser, P. Staempfli, S. Walitza, D. Brandeis, S. Brem // *Neuroimage.* – 2015. – Vol. 105. – P. 395–407. – DOI: 10.1016/j.neuroimage.2014.10.028.
119. Isableu, B. Differential integration of kinaesthetic signals to postural control / B. Isableu, N. Vuillerme // *Exp Brain Res.* – 2006. – Vol. 174. – P. 763–768. – DOI: 10.1007/s00221-006-0630-4.
120. Istenič, N. Single leg stance with closed eyes on a force plate in artistic and rhythmic gymnastics [Electronic resource] / N. Istenič, M. Samardžija Pavletič, A. Valič, E. Kolar // 2nd International Scientific Congress Organized by Slovenian Gymnastics Federation. – 2015. – P. 109–118. – URL: https://www.researchgate.net/publication/310624738_Single_leg_stance_with_closed_eyes_on_a_force_plate_in_artistic_and_rhythmic_gymnastics.
121. Ivanenko, Y. Human Postural Control / Y. Ivanenko, V. S. Gurfinkel // *Front Neurosci.* – 2018. – Vol. 12. – P. 171. – DOI: 10.3389/fnins.2018.00171.

122. Jakše, B. Body Composition, Training Volume/Pattern and Injury Status of Slovenian Adolescent Female High-Performance Gymnasts / B. Jakše, B. Jakše, I. Čuk, D. Šajber // *Int. J. Environ. Res. Public Health*. – 2021. – Vol. 18. – P. 2019. – DOI: 10.3390/ijerph18042019.
123. Jennifer, F. B. A comparison of body composition variables in a large sample of National Collegiate Athletic Association (NCAA) female athletes from 6 competitive sports / F. B. Jennifer, M. J. Casey, C. S. Jason, E. R. Michael, R. J. Andrew, T. J. Margaret // *Journal of Strength and Conditioning Research*. – 2018. – Vol. 32, No. 9. – P. 2452–2457. – DOI: 10.1519/JSC.0000000000002234.
124. Jürimäe, J. Body composition and inflammatory markers in pubertal girls: Comparison between athletes and non-athletic controls / J. Jürimäe, K. Vösoberg, A. L. Tamm, K. Maasalu, L. Remmel, V. Tillmann // *Eur J Sport Sci*. – 2017. – Vol. 17, No. 7. – P. 867–873. – DOI: 10.1080/17461391.2017.1315177.
125. Kaur, K. Anthropometric determinants of competitive performance in gymnastics: a systematic review / K. Kaur, S. Koley // *Int J Health Sci Res*. – 2019. – Vol. 9, No. 7. – P. 249–256.
126. Kavounoudias, A. Foot sole and ankle muscle inputs contribute jointly to human erect posture regulation / A. Kavounoudias, R. Roll, J. P. Roll // *The Journal of physiology*. – 2001. – Vol. 532, Pt 3. – P. 869–878. – DOI: 10.1111/j.1469-7793.2001.0869e.x.
127. Kawada, T. High-frequency dominant depression of peripheral vagal control of heart rate in rats with chronic heart failure / T. Kawada [et al.] // *Acta Physiologica*. – 2013. – Vol. 207, No. 3. – P. 494–502. – DOI: 10.1111/apha.12055.
128. Kellmann, M. Recovery-Stress Questionnaire for Athletes: User manual / M. Kellmann, K. W. Kallus. – Champaign, IL: Human Kinetics, 2001. – 73 p.
129. Kerr, G. Disordered eating in women's gymnastics: Perspectives of athletes, coaches, parents, and judges / G. Kerr, E. Berman, M. J. De Souza // *J. Appl. Sport Psychol*. – 2006. – Vol. 18. – P. 28–43. – DOI: 10.1080/10413200500471301.
130. Kesilmis, I. The correlation between ankle range of motion and dynamic balance ability in rhythmic gymnasts / I. Kesilmis, M. M. Kesilmis, M. Akin //

International Journal of Physiotherapy and Research. – 2017. – Vol. 5, No. 4. – P. 2265–2270. – DOI: 10.16965/ijpr.2017.184.

131. Kiefer, A. W. Lower-limb proprioceptive awareness in professional ballet dancers / A. W. Kiefer, M. A. Riley, K. Shockley [et al.] // J Dance Med Sci. – 2013. – Vol. 17, No. 3. – P. 126–132. – DOI: 10.12678/1089-313x.17.3.126.

132. Kim, S. G. Effect of ankle range of motion (ROM) and lower-extremity muscle strength on static balance control ability in young adults: a regression analysis / S. G. Kim, W. S. Kim // Med Sci Monit. – 2018. – Vol. 24. – P. 3168–3175. – DOI: 10.12659/MSM.908260.

133. Kinanthropometry and exercise physiology / ed. by K. Norton, R. Eston. – 4th ed. – Routledge, 2019. – 682 p.

134. Kioumourtzoglou, E. Experience with perceptual and motor skills in rhythmic gymnastics / E. Kioumourtzoglou, V. Derri, O. Mertzaniidou, G. Tzetzis // Percept Mot Skills. – 1997. – Vol. 84, No. 3 Pt 2. – P. 1363–1372. – DOI: 10.2466/pms.1997.84.3c.1363.

135. Kioumourtzoglou, E. Predictors of success in female rhythmic gymnasts / E. Kioumourtzoglou, V. Derri, G. Tzetzis, T. Kourtessis // J. Hum. Mov. Stud. – 1998. – Vol. 34. – P. 33–48.

136. Kolic, J. Understanding the impact of age, gender, height and body mass index on children's balance / J. Kolic, K. O'Brien, K. A. Bowles, R. Iles, C. M. Williams // Acta paediatrica (Oslo, Norway: 1992). – 2020. – Vol. 109, No. 1. – P. 175–182. – DOI: 10.1111/apa.14933.

137. Kolimechkov, S. Nutritional status and body composition of young artistic gymnasts from Bulgaria / S. Kolimechkov [et al.] // Journal of Applied Sports Sciences. – 2019. – Vol. 3. – P. 39–52.

138. Kolt, G. S. Epidemiology of injury in elite and subelite female gymnasts: a comparison of retrospective and prospective findings / G. S. Kolt, R. J. Kirkby // British Journal of Sports Medicine. – 1999. – Vol. 33, No. 5. – P. 312–318. – DOI: 10.1136/bjsm.33.5.312.

139. Korchi, K. Optimization of the Effects of Physical Activity on Plantar Sensation and Postural Control With Barefoot Exercises in Institutionalized Older Adults: A Pilot Study / K. Korchi, F. Noé, N. Bru, T. Paillard // *J Aging Phys Act.* – 2019. – Vol. 27, No. 4. – P. 452–465. – DOI: 10.1123/japa.2018-0016.

140. Krane, V. Body Image Concerns in Female Exercisers and Athletes: A Feminist Cultural Studies Perspective / V. Krane, J. Waldron, J. Michalenok, J. Stiles-Shipley // *Women Sport Phys. Act. J.* – 2016. – Vol. 10. – P. 17–54. – DOI: 10.1123/wspaj.10.1.17.

141. Kuo, A. D. An optimal control model for analyzing human postural balance / A. D. Kuo // *IEEE Transactions on Biomedical Engineering.* – 1995. – Vol. 42. – P. 87–101.

142. Leanderson, J. Proprioception in classical ballet dancers: a prospective study of the influence of an ankle sprain on proprioception in the ankle joint / J. Leanderson, E. Eriksson, C. Nilsson, A. Wykman // *Am J Sports Med.* – 1996. – Vol. 24, No. 3. – P. 370–374. – DOI: 10.1177/036354659602400320.

143. Lee, A. J. The influence of gender and somatotype on single-leg upright standing postural stability in children / A. J. Lee, W. H. Lin // *J Appl Biomech.* – 2007. – Vol. 23, No. 3. – P. 173–179. – DOI: 10.1123/jab.23.3.173.

144. Leskovec, T. 5-year comparison of selected balance parameters in artistic and rhythmic gymnastics [Electronic resource] / T. Leskovec, M. S. Pavletič // 6th International Scientific Conference organized by Slovenian Gymnastics Federation: Invited proceedings, book of abstracts and book of proceedings / ed. by M. Samardžija Pavletič, N. Istenič. – Slovenian Gymnastics Federation, 2019. – P. 145–155. – URL:

https://www.researchgate.net/publication/330506556_Applying_Fitts%27_Law_during_the_jump_on_gymnastics_springboard.

145. Levinson, S. A structural connectivity atlas of limbic brainstem nuclei / S. Levinson, M. Miller, A. Iftexhar [et al.] // *Front. Neuroimaging.* – 2023. – Vol. 1. – P. 1009399. – DOI: 10.3389/fnimg.2022.1009399.

146. Lima, B. N. The acute effects of unilateral ankle plantar flexors static-stretching on postural sway and gastrocnemius muscle activity during single-leg balance tasks / B. N. Lima, P. R. Lucareli, W. A. Gomes [et al.] // *J Sports Sci Med*. – 2014. – Vol. 13, No. 3. – P. 564–570.
147. Lin, C. F. Comparison of postural stability between injured and uninjured ballet dancers / C. F. Lin, I. J. Lee, J. H. Liao, H. W. Wu, F. C. Su // *Am J Sports Med*. – 2011. – Vol. 39, No. 6. – P. 1324–1331. – DOI: 10.1177/0363546510393943.
148. Lukić, J. Anthropometric characteristics of rhythmic gymnasts / J. Lukić // *Exercise and Quality of Life*. – 2020. – Vol. 12, No. 2. – P. 37–44. – DOI: 10.31382/eqol.201205.
149. MacKinnon, C. D. Sensorimotor anatomy of gait, balance, and falls / C. D. MacKinnon // *Handb. Clin. Neurol*. – 2018. – Vol. 159. – P. 3–26. – DOI: 10.1016/b978-0-444-63916-5.00001-x.
150. Madigan, D. J. Perfectionism and training distress in junior athletes: The mediating role of coping tendencies / D. J. Madigan, A. P. Hill, P. A. Anstiss, S. H. Mallinson-Howard, S. Kumar // *Eur J Sport Sci*. – 2018. – Vol. 18, No. 5. – P. 713–721. – DOI: 10.1080/17461391.2018.1457082.
151. Mandroukas, A. Muscle Strength and Joint Range of Motion of the Spine and Lower Extremities in Female Prepubertal Elite Rhythmic and Artistic Gymnasts / A. Mandroukas, I. Metaxas, Y. Michailidis, T. Metaxas // *J Funct Morphol Kinesiol*. – 2023. – Vol. 8, No. 4. – P. 153. – DOI: 10.3390/jfmk8040153.
152. Massidda, M. Somatotype of elite Italian gymnasts / M. Massidda, S. Toselli, P. Brasili, C. M. Calò // *Coll Antropol*. – 2013. – Vol. 37, No. 3. – P. 853–857.
153. Massion, J. Postural control system / J. Massion // *Current opinion in neurobiology*. – 1994. – Vol. 4, No. 6. – P. 877–887. – DOI: 10.1016/0959-4388(94)90137-6.

154. Massion, J. Why and how are posture and movement coordinated? / J. Massion, A. Alexandrov, A. Frolov // *Prog Brain Res.* – 2004. – Vol. 143. – P. 13–27.
155. Menz, H. B. Foot and ankle characteristics associated with impaired balance and functional ability in older people / H. B. Menz, M. E. Morris, S. R. Lord // *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* – 2005. – Vol. 60, No. 12. – P. 1546–1552.
156. Mesagno, C. Choking under pressure: the role of fear of negative evaluation / C. Mesagno, J. T. Harvey, C. M. Janelle // *Psychol. Sport Exerc.* – 2012. – Vol. 13. – P. 60–68. – DOI: 10.1016/j.psychsport.2011.07.007.
157. Meyer, P. F. The role of plantar cutaneous sensation in unperturbed stance / P. F. Meyer, L. I. Oddsson, C. J. De Luca // *Experimental brain research.* – 2004. – Vol. 156, No. 4. – P. 505–512. – DOI: 10.1007/s00221-003-1804-y.
158. Michopoulou, E. Elite premenarcheal rhythmic gymnasts demonstrate energy and dietary intake deficiencies during periods of intense training / E. Michopoulou, A. Avloniti, A. Kambas [et al.] // *Pediatr Exerc Sci.* – 2011. – Vol. 23, No. 4. – P. 560–572. – DOI: 10.1123/pes.23.4.560.
159. Mishica, C. Relationships between Heart Rate Variability, Sleep Duration, Cortisol and Physical Training in Young Athletes / C. Mishica, H. Kyröläinen, E. Hynynen, A. Nummela, H. C. Holmberg, V. Linnamo // *J Sports Sci Med.* – 2021. – Vol. 20, No. 4. – P. 778–788. – DOI: 10.52082/jssm.2021.778.
160. Miteva, S. Nutrition and body composition of elite rhythmic gymnasts from Bulgaria / S. Miteva, I. Yanev, S. Kolimechkov [et al.] // *International Journal of Sports Science & Coaching.* – 2019. – Vol. 15, No. 1. – P. 108–116. – DOI: 10.1177/1747954119892803.
161. Mountjoy, M. The IOC consensus statement: beyond the Female Athlete Triad--Relative Energy Deficiency in Sport (RED-S) / M. Mountjoy, J. Sundgot-Borgen, L. Burke [et al.] // *Br J Sports Med.* – 2014. – Vol. 48, No. 7. – P. 491–497. – DOI: 10.1136/bjsports-2014-093502.
162. Naranjo, E. N. Increased gain of vestibulospinal potentials evoked in neck and leg muscles when standing under height-induced postural threat / E. N.

Naranjo, J. H. J. Allum, J. T. Inglis, M. G. Carpenter // *Neuroscience*. – 2015. – Vol. 293. – P. 45–54. – DOI: 10.1016/j.neuroscience.2015.02.026.

163. Niazi, E. S. Postural stability in female rhythmic and artistic gymnastics athletes: the role of visual and somatosensory signals / E. S. Niazi, B. R. Samigullin, M. E. Baltin [et al.] // *J Evol Biochem Phys*. – 2025. – Vol. 61. – P. 122–134. – DOI: 10.1134/S0022093025010090.

164. Nicolas, M. Monitoring stress and recovery states: Structural and external stages of the short version of the RESTQ sport in elite swimmers before championships / M. Nicolas, P. Vacher, G. Martinent, L. Mourot // *J Sport Health Sci*. – 2019. – Vol. 8, No. 1. – P. 77–88. – DOI: 10.1016/j.jshs.2016.03.007.

165. Nolff, M. R. An initial set of reference values for the Balance Tracking System (BTrackS) Limits of Stability protocol / M. R. Nolff, S. Kapur, B. J. Kendall [et al.] // *Gait & posture*. – 2024. – Vol. 107. – P. 67–71. – DOI: 10.1016/j.gaitpost.2023.09.008.

166. Nonnekes, J. What startles tell us about control of posture and gait / J. Nonnekes, M. G. Carpenter, J. T. Inglis, J. Duysens, V. Weerdesteyn // *Neurosci. Biobehav. Rev.* – 2015. – Vol. 53. – P. 131–138. – DOI: 10.1016/j.neubiorev.2015.04.002.

167. Noohu, M. M. Relevance of balance measurement tools and balance training for fall prevention in older adults / M. M. Noohu, A. B. Dey, M. E. Hussain // *J Clin Gerontol Geriatr*. – 2014. – Vol. 5. – P. 31–35.

168. Oddsson, L. I. Interaction between voluntary and postural motor commands during perturbed lifting / L. I. Oddsson, T. Persson, A. G. Cresswell, A. Thorstensson // *Spine (Phila Pa 1976)*. – 1999. – Vol. 24, No. 6. – P. 545–552. – DOI: 10.1097/00007632-199903150-00009.

169. Opala-Berdzik, A. Characteristics of functional stability in young adolescent female artistic gymnasts / A. Opala-Berdzik, M. Głowacka, K. J. Słomka // *J Hum Kinet*. – 2021. – Vol. 77. – P. 51–59. – DOI: 10.2478/hukin-2021-0051.

170. Opala-Berdzik, A. Quiet standing postural sway of 10- to 13-year-old, national-level, female acrobatic gymnasts / A. Opala-Berdzik, M. Głowacka, K. Wilusz [et al.] // *Acta. Bioeng. Biomech.* – 2018. – Vol. 20, No. 2. – P. 117–123.

171. Otis, C. L. American College of Sports Medicine position stand. The Female Athlete Triad / C. L. Otis, B. Drinkwater, M. Johnson, A. Loucks, J. Wilmore // *Med Sci Sports Exerc.* – 1997. – Vol. 29, No. 5. – P. i–ix. – DOI: 10.1097/00005768-199705000-00037.

172. Pai, Y. C. Center of mass velocity-position predictions for balance control / Y. C. Pai, J. Patton // *J Biomech.* – 1997. – Vol. 30. – P. 347–354.

173. Pai, Y. C. Movement termination and stability in standing / Y. C. Pai // *Exerc Sport Sci Rev.* – 2003. – Vol. 31, No. 1. – P. 19–25. – DOI: 10.1097/00003677-200301000-00005.

174. Paillard, T. Relationship Between Sport Expertise and Postural Skills / T. Paillard // *Front Psychol.* – 2019. – Vol. 10. – P. 1428. – DOI: 10.3389/fpsyg.2019.01428.

175. Paillard, T. Techniques and Methods for Testing the Postural Function in Healthy and Pathological Subjects / T. Paillard, F. Noé // *Biomed Res Int.* – 2015. – Vol. 2015. – P. 891390. – DOI: 10.1155/2015/891390.

176. Patel, M. The effect of foam surface properties on postural stability assessment while standing / M. Patel, P. A. Fransson, D. Lush, S. Gomez // *Gait Posture.* – 2008. – Vol. 28. – P. 649–656.

177. Peçanha, T. Heart rate recovery: autonomic determinants, methods of assessment and association with mortality and cardiovascular diseases / T. Peçanha, N. D. Silva-Júnior, C. L. M. Forjaz // *Clin Physiol Funct Imaging.* — 2014. — Vol. 34, No. 5. — P. 327–339. — DOI: 10.1111/cpf.12102.

178. Peeters, M. W. The left hand second to fourth digit ratio (2D:4D) does not discriminate world-class female gymnasts from age matched sedentary girls / M. W. Peeters, A. L. Claessens // *PLoS One.* – 2012. – Vol. 7, No. 6. – P. e40270. – DOI: 10.1371/journal.pone.0040270.

179. Poliszczuk, T. Changes in somatic parameters and dynamic balance in female rhythmic gymnasts over a space of two years / T. Poliszczuk, D. Broda, D. Poliszczuk // *Pol. J. Sport. Tour.* – 2012. – Vol. 19. – P. 240–245. – DOI: 10.2478/v10197-012-0023-0.
180. Purenović-Ivanović, T. Somatotype of top-level serbian rhythmic gymnasts / T. Purenović-Ivanović, R. Popović // *J. Hum. Kinet.* – 2014. – Vol. 40. – P. 181–187. – DOI: 10.2478/hukin-2014-0020.
181. Purenović-Ivanović, T. The Balance Ability of Top-Level Female Rhythmic Gymnasts: Does It Predict Their Performance Scores? / T. Purenović-Ivanović, N. Roška, K. Sterkowicz-Przybycień, L. Moskovljević, S. Jovanović // *TEME.* – 2023. – Vol. 3. – P. 491–505.
182. Puscheck, L. J. Evaluating the prevalence of eating disorder risk and low energy availability risk in collegiate athletes / L. J. Puscheck, J. Kennel, C. Saenz // *J Eat Disord.* – 2025. – Vol. 13, No. 1. – P. 53. – DOI: 10.1186/s40337-025-01218-w.
183. Rangel, J. G. Studies of Classical Ballet Dancers' Equilibrium at Different Levels of Development and Versus Non-Dancers: A Systematic Review / J. G. Rangel, W. Divino Nilo Dos Santos, R. B. Viana [et al.] // *J. Dance Med. Sci.* – 2020. – Vol. 24, No. 1. – P. 33–43. – DOI: 10.12678/1089-313X.24.1.33.
184. Rogers, M. W. Balance perturbations / M. W. Rogers, M. L. Mille // *Handb Clin Neurol.* – 2018. – Vol. 159. – P. 85–105. – DOI: 10.1016/B978-0-444-63916-5.00005-7.
185. Rogers, M. W. Patterns of muscle activation accompanying transitions in stance during rapid leg flexion / M. W. Rogers, Y. C. Pai // *J Electromyogr Kinesiol.* – 1993. – Vol. 3, No. 3. – P. 149–156. – DOI: 10.1016/S1050-6411(05)80002-1.
186. Rutkowska-Kucharska, A. Muscle Coactivation during Stability Exercises in Rhythmic Gymnastics: A Two-Case Study / A. Rutkowska-Kucharska, A. Szpala, S. Jaroszczuk, M. Sobera // *Appl Bionics Biomech.* – 2018. – Vol. 2018. – P. 8260402. – DOI: 10.1155/2018/8260402.
187. Schlee, S. T. Influence of footwear on foot sensitivity: a comparison between barefoot and shod sports [Electronic resource] / S. T. Schlee, T. Sterzing, T.

L. Milani // XXV International Symposium on Biomechanics in Sports. – Ouro Preto, Brazil, 2007. – P. 285–288. – URL: <https://ojs.ub.uni-konstanz.de/cpa/article/view/461>.

188. Schmitt, H. Influence of professional dance training on peak torque and proprioception at the ankle / H. Schmitt, B. Kuni, D. Sabo // Clin J Sport Med. – 2005. – Vol. 15, No. 5. – P. 331–339. – DOI: 10.1097/01.jsm.0000181437.41268.56.

189. Schut, I. M. Compliant support surfaces affect sensory reweighting during balance control / I. M. Schut, D. Engelhart, J. H. Pasma, R. G. K. M. Aarts, A. C. Schouten // Gait Posture. – 2017. – Vol. 53. – P. 241–247. – DOI: 10.1016/j.gaitpost.2017.02.004.

190. Sibley, K. M. Using the systems framework for postural control to analyze the components of balance evaluated in standardized balance measures: a scoping review / K. M. Sibley, M. K. Beauchamp, K. Van Ooteghem [et al.] // Arch Phys Med Rehabil. – 2015. – Vol. 96. – P. 122–132.e29.

191. Silva, M. R. G. Sleep duration, body composition, dietary profile and eating behaviours among children and adolescents: A comparison between Portuguese acrobatic gymnasts / M. R. G. Silva, H. H. Silva, T. Paiva // European journal of pediatrics. – 2018. – Vol. 177, No. 6. – P. 815–825 – DOI: 10.1007/s00431-018-3124-z. PMID: 29502302.

192. Skoura, D. The ability of maintenance of static and dynamic balance in rhythmic gymnastics. Comparison of former elite gymnasts and no gymnasts / D. Skoura, D. Tsopani, S. Papouliakos, S. Korres // 17th Annual Congress of the European College of Sport Science (ECSS). – Bruges, 2012. – P. 418–419.

193. Slater, J. Low Energy Availability in Exercising Women: Historical Perspectives and Future Directions / J. Slater, R. Brown, R. McLay-Cooke, K. Black // Sports Med. – 2017. – Vol. 47, No. 2. – P. 207–220. – DOI: 10.1007/s40279-016-0583-0.

194. Smieja, M. Clinical examination for the detection of protective sensation in the feet of diabetic patients / M. Smieja, D. L. Hunt, D. Edelman [et al.] // J Gen

Intern Med. – 1999. – Vol. 14, No. 7. – P. 418–424. – DOI: 10.1046/j.1525-1497.1999.05208.x.

195. Smyth, N. Attenuated cortisol reactivity to psychosocial stress is associated with greater visual dependency in postural control / N. Smyth [et al.] // Psychoneuroendocrinology. – 2019. – Vol. 104. – P. 185–190. – DOI: 10.1016/j.psyneuen.2019.02.028.

196. Stanley, J. Cardiac parasympathetic reactivation following exercise: implications for training prescription / J. Stanley, J. M. Peake, M. Buchheit // Sports Med. — 2013. — Vol. 43, No. 12. — P. 1259–1277. — DOI: 10.1007/s40279-013-0083-4.

197. Steinberg, N. Joint hypermobility and joint range of motion in young dancers / N. Steinberg, I. HersHKovitz, A. Zeev, B. Rothschild, I. Siev-Ner // J Clin Rheumatol. – 2016. – Vol. 22, No. 4. – P. 171–178. – DOI: 10.1097/RHU.0000000000000420.

198. Sung, E. S. Relationship between ankle range of motion and biodex balance system in females and males / E. S. Sung, J. H. Kim // J Exerc Rehabil. – 2018. – Vol. 14. – P. 133–137. – DOI: 10.12965/jer.35146.573.

199. Takakusaki, K. Brainstem control of locomotion and muscle tone with special reference to the role of the mesopontine tegmentum and medullary reticulospinal systems / K. Takakusaki // Journal of Neural Transmission. – 2015. – Vol. 122, No. 6. – P. 721–730. – DOI: 10.1007/s00702-015-1475-4.

200. Taylor, T. beta-endorphin suppresses adrenocorticotropin and cortisol levels in normal human subjects / T. Taylor, R. G. Dluhy, G. H. Williams // J Clin Endocrinol Metab. – 1983. – Vol. 57, No. 3. – P. 592–596. – DOI: 10.1210/jcem-57-3-592.

201. Thalassinis, M. Sport skill-specific expertise biases sensory integration for spatial referencing and postural control / M. Thalassinis, G. Fotiadis, F. Arabatzi, B. Isableu, V. Hatzitaki // J Mot Behav. – 2018. – Vol. 50. – P. 426–435. – DOI: 10.1080/00222895.2017.1363704.

202. Theodoropoulou, A. Delayed but normally progressed puberty is more pronounced in artistic compared with rhythmic elite gymnasts due to the intensity of training / A. Theodoropoulou, K. B. Markou, G. A. Vagenakis [et al.] // *J Clin Endocrinol Metab.* – 2005. – Vol. 90, No. 11. – P. 6022–6027. – DOI: 10.1210/jc.2005-1762.

203. Ting, L. H. A limited set of muscle synergies for force control during a postural task / L. H. Ting, J. M. Macpherson // *J Neurophysiol.* – 2005. – Vol. 93, No. 1. – P. 609–613. – DOI: 10.1152/jn.00681.2004.

204. Tomita, H. How Does Standing Anteroposterior Stability Limits Correlate to Foot/ankle Functions in Bilateral Spastic Cerebral Palsy? / H. Tomita, S. Takahashi, D. Kawaguchi [et al.] // *Pediatr Phys Ther.* – 2024. – Vol. 36, No. 4. – P. 507–516. – DOI: 10.1097/PEP.0000000000001128.

205. Tomita, H. Quiet standing and anteroposterior limits of stability in adolescents and young adults with bilateral spastic cerebral palsy / H. Tomita, D. Kawaguchi, S. Takahashi, H. Asai // *Hum Mov Sci.* – 2024. – Vol. 95. – P. 103215. – DOI: 10.1016/j.humov.2024.103215.

206. Trajković, N. Relationship between ankle strength and range of motion and postural stability during single-leg quiet stance in trained athletes / N. Trajković, Ž. Kozinc, D. Smajla, N. Šarabon // *Scientific reports.* – 2021. – Vol. 11, No. 1. – P. 11749. – DOI: 10.1038/s41598-021-91337-6.

207. Tseng, W.-T. Correlation of discharges of rostral ventrolateral medullary neurons with the low-frequency sympathetic rhythm in rats / W.-T. Tseng [et al.] // *Neuroscience Letters.* – 2009. – Vol. 454, No. 1. – P. 22–27. – DOI: 10.1016/j.neulet.2009.02.057.

208. Uchoa, E. T. Novel aspects of glucocorticoid actions / E. T. Uchoa, G. Aguilera, J. P. Herman [et al.] // *J. Neuroendocrinol.* – 2014. – Vol. 26, No. 9. – P. 557–572.

209. Vacher, P. Stress and recovery in sports: Effects on heart rate variability, cortisol, and subjective experience / P. Vacher, E. Filaire, L. Mourot, M. Nicolas //

Int J Psychophysiol. – 2019. – Vol. 143. – P. 25–35. – DOI: 10.1016/j.ijpsycho.2019.06.011.

210. Vicente-Rodriguez, G. Artistic versus rhythmic gymnastics: effects on bone and muscle mass in young girls / G. Vicente-Rodriguez, C. Dorado, I. Ara [et al.] // Int J Sports Med. – 2007. – Vol. 28, No. 5. – P. 386–393. – DOI: 10.1055/s-2006-924397.

211. Villa, M. Body Composition, Dietary Intake and the Risk of Low Energy Availability in Elite-Level Competitive Rhythmic Gymnasts / M. Villa, J. G. Villa-Vicente, J. Seco-Calvo, J. Mielgo-Ayuso, P. S. Collado // Nutrients. – 2021. – Vol. 13. – P. 2083. – DOI: 10.3390/nu13062083.

212. Vincent, W. J. Statistics in kinesiology / W. J. Vincent. – Champaign, IL: Human Kinetics, 1995. – 257 p. – ISBN 0873226992.

213. Viseux, F. How can the stimulation of plantar cutaneous receptors improve postural control? Review and clinical commentary / F. Viseux, A. Lemaire, F. Barbier [et al.] // Neurophysiol Clin. – 2019. – Vol. 49, No. 3. – P. 263–268. – DOI: 10.1016/j.neucli.2018.12.006.

214. Viseux, F. J. F. The sensory role of the sole of the foot: Review and update on clinical perspectives / F. J. F. Viseux // Neurophysiol Clin. – 2020. – Vol. 50, No. 1. – P. 55–68. – DOI: 10.1016/j.neucli.2019.12.003.

215. Vösoberg, K. Bone Mineralization in Rhythmic Gymnasts Entering Puberty: Associations with Jumping Performance and Body Composition Variables / K. Vösoberg, V. Tillmann, A. L. Tamm, K. Maasalu, J. Jürimäe // J Sports Sci Med. – 2017. – Vol. 16, No. 1. – P. 99–104.

216. Weinberg, R. S. Foundations of Sport and Exercise Psychology / R. S. Weinberg, D. Gould. – 6th ed. – Champaign, IL: Human Kinetics, 2015. – 600 p.

217. Winter, D. A. Stiffness control of balance in quiet standing / D. A. Winter, A. E. Patla, F. Prince, M. Ishac, K. Gielo-Perczak // J Neurophysiol. – 1998. – Vol. 80. – P. 1211–1221. – DOI: 10.1152/jn.1998.80.3.1211.

218. Wyatt, H. E. Sport-specific musculoskeletal growth and postural control in female artistic gymnasts: a 12 month cohort study / H. E. Wyatt, M. J. R. Gittoes,

G. Irwin // *Sports Biomechanics*. – 2020. – Vol. 19, No. 2. – P. 258–270. – DOI: 10.1080/14763141.2018.1469662.

219. Yin, L. Evaluating Postural Control and Lower-extremity Muscle Activation in Individuals with Chronic Ankle Instability / L. Yin, Z. Lai, X. Hu, K. Liu, L. Wang // *J Vis Exp*. – 2020. – No. 163. – P. e61592. – DOI: 10.3791/61592.

220. Yu, R. Choking under pressure: the neuropsychological mechanisms of incentive-induced performance decrements / R. Yu // *Front Behav Neurosci*. – 2015. – Vol. 9. – P. 19. – DOI: 10.3389/fnbeh.2015.00019.

221. Yun, R. J. Working Memory Overload: Fronto-Limbic Interactions and Effects on Subsequent Working Memory Function / R. J. Yun, J. H. Krystal, D. H. Mathalon // *Brain Imaging and Behavior*. – 2010. – Vol. 4. – P. 96–108. – DOI: 10.1007/s11682-010-9089-9.

222. Zaback, M. Adaptation of emotional state and standing balance parameters following repeated exposure to height-induced postural threat / M. Zaback, A. L. Adkin, M. G. Carpenter // *Sci Rep*. – 2019. – Vol. 9, No. 1. – P. 12449. – DOI: 10.1038/s41598-019-48722-z.

223. Zaback, M. Personality traits and individual differences predict threat-induced changes in postural control / M. Zaback, T. W. Cleworth, M. G. Carpenter, A. L. Adkin // *Hum Mov Sci*. – 2015. – Vol. 40. – P. 393–409. – DOI: 10.1016/j.humov.2015.01.015.

224. Zaback, M. Threat-induced changes in attention during tests of static and anticipatory postural control / M. Zaback, M. G. Carpenter, A. L. Adkin // *Gait Posture*. – 2016. – Vol. 45. – P. 19–24. – DOI: 10.1016/j.gaitpost.2015.12.033.

Карта антропометрического обследования

Фамилия, имя _____
 Дата рождения _____ Место рождения _____
 Спортивная специализация _____
 Спортивный стаж _____ (лет) Спортивная квалификация _____
 Дата обследования _____
 Национальность _____ Отца _____ Матери _____
 Предположительные показатели (по ощущениям): Длина тела _____ Масса тела _____

I. Высота антропометрических точек над полом

- | | |
|---------------------------------|-----------------------------------|
| 1. Верхушечная _____ | г) экскурсия грудной клетки _____ |
| 2. Яремная _____ | 2. Обхват плеча: |
| 3. Акромиальная _____ | а) напряженное состояние _____ |
| 4. Лучевая _____ | б) расслабленное состояние _____ |
| 5. Шиловидная _____ | в) экскурсия плеча _____ |
| 6. Пальцевая _____ | 3. Обхват предплечья _____ |
| 7. Подвздошно-остистая _____ | 4. Обхват талии _____ |
| 8. Лобковая _____ | 5. Обхват бёдер _____ |
| 9. Верхняя большеберцовая _____ | 6. Обхват бедра _____ |
| 10. Нижняя большеберцовая _____ | 7. Обхват голени _____ |

II. Продольные размеры тела

1. длина тела _____
2. длина корпуса _____
3. длина туловища _____
4. длина руки _____
5. длина плеча _____
6. длина предплечья _____
7. длина кисти _____
8. длина ноги _____
9. длина бедра _____
10. длина голени _____

III. Диаметры тела

1. ширина плеч _____
2. диаметры грудной клетки:
 - а) поперечный _____
 - б) сагиттальный _____
3. ширина таза _____

IV. Диаметры дистальных эпифизов

1. плеча _____
2. предплечья _____
3. бедра _____
4. голени _____

V. Обхватные размеры тела

1. Обхват грудной клетки:
 - а) в спокойном состоянии _____
 - б) при макс. вдохе _____
 - в) при макс. выдохе _____

VI. Кожно-жировые складки (мм)

1. Под лопаткой _____
2. На плече
 - а) спереди _____
 - б) сзади _____
3. на предплечье _____
4. на груди _____
5. на животе _____
6. над подвздошно-остистой _____
7. на бедре _____
8. на голени _____

Масса тела _____

ЖЕЛ _____

ПК _____

ЛК _____

ЧСС _____

АДС _____

АДД _____

Вопросы и варианты ответов опросника RESTQ-SPORT

	1	2	3	4	5	6	7	
1 Я смотрел/а телевизор								
2 Я чувствовал/а себя уставшим/уставшей								
3 Я хорошо работал/а								
4 Мне было трудно сосредоточиться								
5 Я беспокоился/лась больше чем обычно								
6 Я много смеялся/смеялась								
7 Я чувствовал/а себя физически плохо								
8 У меня часто портилось настроение								
9 Я адекватно восстанавливался/лась после нагрузок								
10 У меня было хорошее самочувствие								
11 Я был/а рассеян/на								
12 Я думал/а о проблемах чаще обычного								
13 Я приступал/а к тренировкам, не испытывая мышечной боли								
14 Я хорошо проводил/а время с друзьями, семьей								
15 У меня болела голова								
16 Я уставал/а больше, чем обычно, после нагрузки								
17 Я был/а успешен/а в своих делах и спорте								
18 Я не мог/не могла отключиться от мыслей о незавершенных делах								
19 Я спокойно и быстро засыпал/а								
20 Я чувствовал/а себя неважно								
21 Я раздражался/раздражалась на других								
22 Мне казалось, что все рушится, и у меня опускались руки								
23 Я встречался/лась с близкими людьми и родственниками								
24 Я чувствовал/а себя разбитым/разбитой								
25 Я чувствовал/а сильную усталость после тренировок								
26 Другие люди действовали мне на нервы								
27 Я просыпался/просыпалась отдохнувшим/отдохнувшей								
28 Я тревожился/тревожилась								
29 Мои мышцы были расслабленными и отдохнувшими перед новой нагрузкой.								
30 У меня были неприятности								
31 Я чувствовал/а себя вялым/вялой								
32 Я напрягался/лась из-за того, что мне нужно было соответствовать ожиданиям других								
33 Мне было комфортно общаться								
34 Я был/а в бодром расположении духа								
35 Я переутомлялся/переутомлялась								
36 Мой сон был чутким и поверхностным								
37 У меня были спады настроения								

[illegible]

Протокол тестирования порога тактильной чувствительности подошвы стоп

[illegible]

Антропометрические инструменты

		
Рисунок а	Рисунок б	Рисунок в
		
Рисунок г	Рисунок д	

Рисунок а - металлический штанговый антропометр Martina (GPM, Швеция);
 Рисунок б- большой и малый толстотные циркули (GPM, Швеция); Рисунов в –
 сантиметровая лента длиной до 1,5-2 м; Рисунок г – скользящий циркуль (GPM,
 Швеция); Рисунок д - калипер GPM (DKSH, Швейцария);

Процедура антропометрических измерений

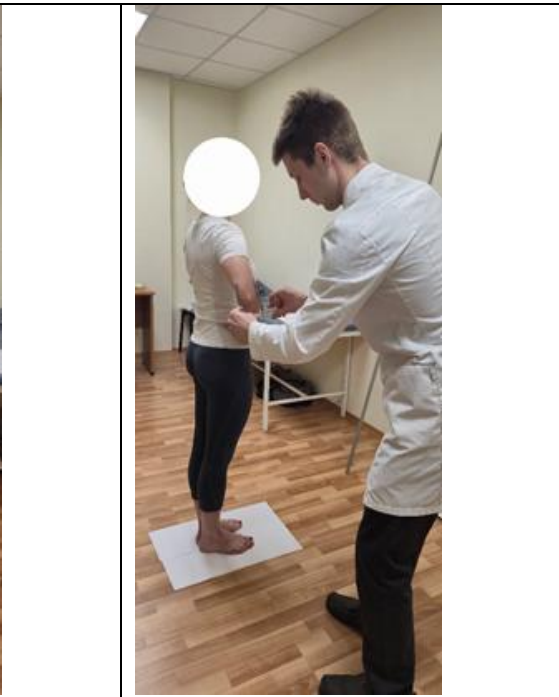
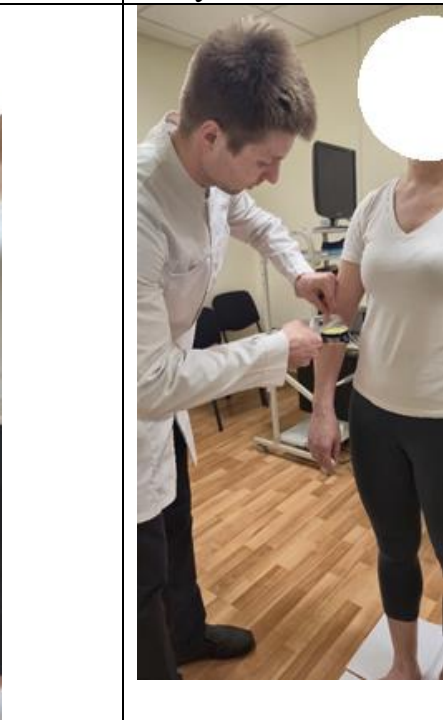
		
Рисунок а	Рисунок б	Рисунок в
		
Рисунок г	Рисунок д	

Рисунок а – измерение длины тела; Рисунок б – измерение ширины плеч; Рисунок в – измерения диаметра дистального эпифиза плеча; Рисунок г – измерения обхватного размера предплечья; Рисунок д – измерение КЖС на предплечье

Тестирование физической работоспособности с помощью велоэргометрического
теста PWC170

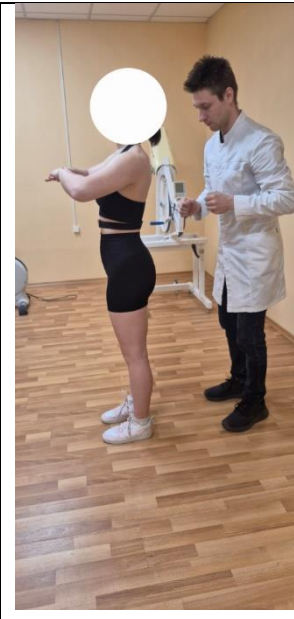
		
Рисунок а	Рисунок б	Рисунок в

Рисунок а – установка «PolarRS800» на теле испытуемого; б – пульсометр «PolarRS800» ; в – Тестирование на велоэргометре «Kettler ergometer EX 3» с пульсометром «PolarRS800»

Определение статической постральной устойчивости с помощью стабилометрии
на АПК «Стабилан 01-2» (ОКБ «Ритм», Таганрог)

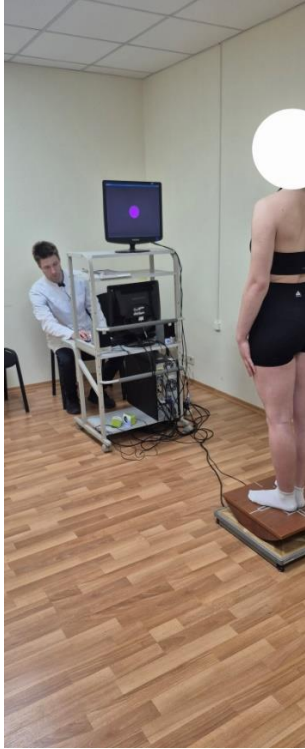
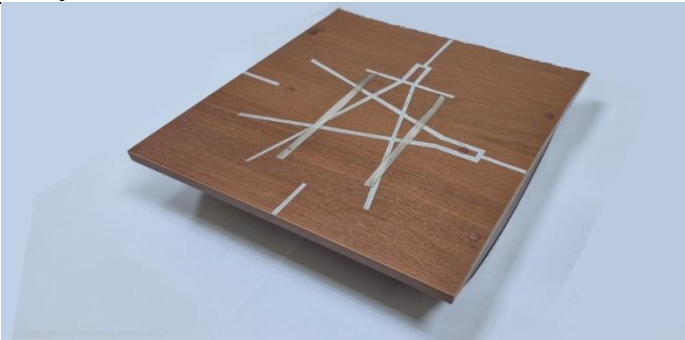
			
Рисунок а	Рисунок б	Рисунок в	
			
Рисунок г			

Рисунок а – Определение ОЦД в «европейской стойке» на стабилоплатформе с открытыми (СТП-ОГ) и закрытыми глазами (СТП-ЗГ); б - Определение ОЦД в «европейской стойке» на фронтальной пресс-папье с ОГ (ППф-ОГ) и ЗГ (ППф-ЗГ); в - Определение ОЦД в «европейской стойке» на сагиттальной пресс-папье с ОГ (ППс-ОГ) и ЗГ (ППс-ЗГ); г – пресс-папье используемая в измерениях ($h=10$ см, $r=60$ см).

Список опубликованных работ по теме диссертации

1. Шипунов, С. Д. Взаимосвязь антропометрических показателей с устойчивостью вертикальной позы у эстетических гимнасток высокой квалификации / С. Д. Шипунов, А. А. Мельников // Современные вопросы биомедицины. – 2025. – Т. 9, № 1(31). – DOI 10.24412/2588-0500-2025_09_01_21. – EDN CWCXUE. **(BAK)**
2. Мельников, А. А. Динамика постуральной устойчивости на подвижной опоре и психофизического стресса в течение соревновательного сезона у эстетических гимнасток / А. А. Мельников, С. Д. Шипунов, В. С. Березин, Л. А. Белицкая // Человек. Спорт. Медицина. – 2025. – Т. 25, № S1. – С. 7-14. – DOI 10.14529/hsm25s101. – EDN IHKBUE. **(SCOPUS, BAK)**
3. Melnikov, A. A. The Relationship between Upright Postural Stability, Foot Mobility, and Plantar Tactile Sensitivity in Female Gymnasts / A. A. Melnikov, S. D. Shipunov // Journal of Evolutionary Biochemistry and Physiology. – 2025. – Vol. 61, No. 5. – P. 1586-1604. – DOI 10.1134/S002209302505014X. – EDN OGKHLE. **(BAK, WoS)**
4. Шипунов, С. Д. Модельные антропометрические характеристики эстетических гимнасток высокой квалификации / С. Д. Шипунов, А. А. Мельников, Т. П. Ширяева // Вестник МГПУ. Серия: Естественные науки. – 2025. – № 3(59). – С. 118-131. – DOI 10.24412/2076-9091-2025-359-118-131. – EDN WXLOEX. **(BAK)**
5. Шипунов, С. Д. Влияние тотальных размеров тела на регуляцию равновесия вертикальной позы у эстетических гимнасток высокой квалификации / С. Д. Шипунов, А. А. Мельников // Спортивная медицина и реабилитация: традиции, опыт и инновации: Материалы Всероссийской научно-практической конференции, Краснодар, 25 апреля 2024 года. – Краснодар: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный университет физической культуры, спорта и туризма», 2024. – С. 244-246. – EDN TZETGG
6. Мельников, А. А. Устойчивость вертикальной позы и стресс-индекс у эстетических гимнасток высокой квалификации в соревновательном сезоне / А. А. Мельников, С. Д. Шипунов, Т. Б. Богданова // Современные подходы к совершенствованию системы физической культуры и спорта: сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Санкт-Петербург, 30–31 октября 2024 года. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт физической культуры, 2024. – С. 233-237. – EDN FVBGSG.
7. Мельников, А. А. Высокая тактильная чувствительность подошвы у спортсменов способствует повышению устойчивости вертикальной позы в сложных сенсорных условиях / А. А. Мельников, В. Ли, С. Д. Шипунов, Л.А. Белицкая, А.М. Андреева // Российский журнал

информационных технологий в спорте. – 2024. – Т. 1, № 3. – С. 22-29. – DOI 10.62105/2949-6349-2024-1-3-22-29. – EDN DEJYXJ.

8. Мельников, А. А. Регуляция равновесия вертикальной позы на подвижной опоре у эстетических гимнасток высокой квалификации / А. А. Мельников, С. Д. Шипунов // Спортивная адаптология: перспективы развития: Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвященной памяти В.Н. Селуянова, Москва, 29 марта 2024 года. – Москва: Российский университет спорта "ГЦОЛИФК", 2024. – С. 36-40. – EDN PDVYUP.

9. Мельников, А. А. Регуляция вертикальной позы у эстетических гимнасток в соревновательном сезоне: роль психофизического стресса / А. А. Мельников, С. Д. Шипунов, Л. А. Белицкая // Физическая культура и спорт. Олимпийское образование: Материалы международной научно-практической конференции, Краснодар, 17–18 октября 2024 года. – Краснодар: Кубанский государственный университет физической культуры, спорта и туризма, 2024. – С. 205-209. – EDN CLQIUB.

10. Мельников, А. А. Половые различия в постуральной устойчивости спортсменов: роль тактильной чувствительности / А. А. Мельников, С. Д. Шипунов, А. В. Миронов, В. С. Березин // Спортивная медицина и реабилитация: традиции, опыт и инновации: Материалы Всероссийской научно-практической конференции, Краснодар, 20 марта 2025 года. – Краснодар: Кубанский государственный университет физической культуры, спорта и туризма, 2025. – С. 68-70. – EDN NZIOLC.

11. Мельников, А. А. Взаимосвязь подвижности стопы с постуральной устойчивостью у гимнасток / А. А. Мельников, С. Д. Шипунов, Т. П. Ширяева, Т. П. Богданова // Интегративная физиология: Сборник тезисов докладов VII Всероссийской конференции с международным участием, посвященной 100-летию Института физиологии им. И.П. Павлова РАН, Санкт-Петербург, 24–26 сентября 2025 года. – Санкт-Петербург: ООО "Издательство ВВМ", 2025. – С. 67. – EDN XLBRPQ..

12. Мельников, А. А. Роль тактильной чувствительности подошвы в обеспечении постурального равновесия у гимнасток / А. А. Мельников, С. Д. Шипунов, Т. П. Ширяева // Физическая культура и спорт. Олимпийское образование: Материалы международной научно-практической конференции, Краснодар, 16–17 октября 2025 года. – Краснодар: Кубанский государственный университет физической культуры, спорта и туризма, 2025. – С. 244-249. – EDN KBTLTE.

Акт внедрения в СГМУ (г. Архангельск)

МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«СЕВЕРНЫЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
МЕДИЦИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Министерства здравоохранения Российской Федерации
(ФГБОУ ВО СГМУ (г. Архангельск) Минздрава России)
пр. Троицкий, 51, г. Архангельск, 163000
Тел.: (8182) 285791
Факс: (8182) 286595
E-mail: info@nsmu.ru
ОКПО 01962988, ОГРН 1022900529431
ИНН/КПП 2901047671/290101001

« 15 » 06 20 26 г. № 33-4/2393

на № _____ от « ____ » _____ 20 ____ г.

«УТВЕРЖДАЮ»
Проректор по учебной работе
доктор медицинских наук, доцент

И.А. Турабов



Акт внедрения

Материалы диссертационной работы на соискание ученой степени кандидата биологических наук по специальности 1.5.5. «Физиология человека и животных» Шипунова Савелия Дмитриевича на тему «Динамика поструральной устойчивости, антропометрических показателей и психофизиологического стресса в течение соревновательного сезона у спортсменок в эстетической гимнастике» используются в учебном процессе на кафедре нормальной физиологии в рамках проведения занятий с обучающимися по специальности 49.03.02 «Физическая культура для лиц с отклонениями в состоянии здоровья (адаптивная физическая культура)» на II курсе.

Зав. кафедрой нормальной физиологии,
д.м.н., доцент

Г.Н. Кострова

Учебный доцент кафедры нормальной
физиологии, к.м.н., доцент

Т.В. Цыганок

Акт внедрения в РУС «ГЦОЛИФК»

АКТ ВНЕДРЕНИЯ

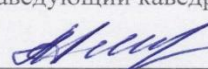
результатов диссертационного исследования аспиранта РУС «ГЦОЛИФК» Шипунова Савелия Дмитриевича по теме: «Динамика постральной устойчивости, антропометрических показателей и психофизиологического стресса в течение соревновательного сезона у спортсменок в эстетической гимнастике»

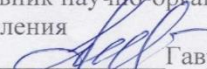
Настоящий акт составлен о том, что в период с 20.04.2026 года по 12.05.2026 года были внедрены результаты диссертационного исследования по теме диссертации «Динамика постральной устойчивости, антропометрических показателей и психофизиологического стресса в течение соревновательного сезона у спортсменок в эстетической гимнастике» по научной специальности 1.5.5. «Физиология человека и животных» биологические науки, выполненного на кафедре физиологии Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский университет спорта «ГЦОЛИФК».

№ п/п	Ф.И.О. автора внедрения	Наименование предложения и его краткая характеристика	Эффект от внедрения
1	Аспирант Шипунов С.Д. Научный руководитель Мельников А.А.	Результаты и выводы диссертации о динамике постральной устойчивости, антропометрических показателей и психофизиологического стресса в течение соревновательного сезона у эстетических гимнасток высокой квалификации	1. Совершенствование процесса преподавания курса лекций и практических занятий в: • дисциплины «Физиология человека» и «Спортивная физиология» по направлению подготовки 49.03.04 "Спорт"; • дисциплину «Физиологические механизмы управления движением» в магистратуре по направлению подготовки 49.04.01 "Физическая культура", профилю "Медико-биологические проблемы адаптации организма человека к физическим нагрузкам".

Научный руководитель
 Мельников А.А.
« 15 » 05 2026г.

Соискатель ученой степени
 Шипунов С.Д.
« 15 » 05 2026г.

Заведующий кафедрой Физиологии
 Мельников
М.П. « 15 » 05 2026 г.

Начальник научно-организационного
Управления
 Гаврилова И.Т.
« 15 » 05 2026 г.



Акт внедрения в ФГАОУ ВО «МАУ»

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МУРМАНСКИЙ АРКТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГАОУ ВО «МАУ»)



СОГЛАСОВАНО
И.о. ректора

М.А. Князева

2026 г.



УТВЕРЖДАЮ
Проректор по
НИО

А.А. Юрманов

2026 г.

АКТ

о внедрении результатов диссертации
«Динамика постуральной устойчивости, антропометрических показателей и
психофизиологического стресса в течение соревновательного сезона
у спортсменок в эстетической гимнастике»

1. Наименование предложения для внедрения (учебно-методические, научно-методические разработки и т.п.):

диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук

2. Кем предложена разработка:

диссертация Шипунова Савелия Дмитриевича выполнена на базе федерального государственного бюджетного учреждения высшего образования «Российский университет спорта (ГЦОЛИФК)» под руководством доктора биологических наук, профессора Мельникова Андрея Александровича по научной специальности 1.5.5. Физиология человека и животных.

3. Краткая аннотация разработки:

Проведено лонгитюдное исследование особенностей регуляции вертикальной позы, антропометрических данных и психофизиологического стресса в течение соревновательного сезона у эстетических гимнасток высокой квалификации. Принципиально новыми являются результаты о взаимосвязи чувствительности подошвенной части стопы и подвижности голеностопного сустава с показателями постуральной устойчивости у эстетических гимнасток. Установлено, что повышенная чувствительность подошвенной части стопы положительно связана с постуральной устойчивостью, главным образом, в сложных условиях на подвижной опоре. Однако чрезмерная подвижность в голеностопном суставе оказывает негативное влияние на стабилографические показатели колебаний ОЦД тела в условиях привычной позы на твердой опоре.

4. Где и когда внедрено:

в учебный процесс – по дисциплинам медико-биологического профиля «Нормальная физиология», «Спортивная медицина», «Биомеханика двигательной деятельности», «Физиология физического воспитания и спорта».

5. Учебно-методическая (научно-методическая) эффективность внедрения

повышения уровня профессиональной подготовки обучающихся по специальности 31.05.01 Лечебное дело, по направлению подготовки 49.03.01 Физическая культура, направленность Тренер-преподаватель и Тренер-инструктор-методист.

Протокол заседания кафедры клинической медицины от «30» июня 2026 года № 10

Заведующий кафедрой Кривенко - (Кривенко О.Г.)

Директор Медико-биологического института Мишанина (Мишанина Л.А.)

Протокол заседания кафедры здоровьесбережения и адаптивной физической культуры от «30» июня 2026 г. № 10

Заведующий кафедрой Шемереко (Шемереко А.С.)

Декан Факультета физической культуры и спорта Ерохова (Ерохова Н.В.)