

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«ИНСТИТУТ ВОЗРАСТНОЙ ФИЗИОЛОГИИ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ ОБРАЗОВАНИЯ»

На правах рукописи

Ширяева Таисия Петровна

**Характеристика динамического компонента
постурального баланса у женщин пожилого возраста**

03.03.01 – Физиология

Диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук

Научный руководитель -
Заслуженный деятель науки РФ,
доктор медицинских наук, профессор
Грибанов Анатолий Владимирович

Москва – 2020 г.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
ГЛАВА 1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ	11
1.1 Постуральный баланс и механизмы его определяющие.....	11
1.2 Постуральный баланс и старение	27
1.3 Постуральный баланс при различных нарушениях.....	38
ГЛАВА 2 ОРГАНИЗАЦИЯ, ОБЪЕМ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ	48
2.1 Организация исследования.....	48
2.2 Методы исследования.....	48
ГЛАВА 3 РЕЗУЛЬТАТЫ СОБСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ	58
3.1. Возрастные изменения динамического компонента постурального баланса у женщин 55-74 лет.....	58
3.2 Особенности динамического компонента постурального баланса у женщин 60-74 лет с синдромом падений.....	73
3.3 Характерные черты динамического компонента постурального баланса у женщин 60-74 лет при нормальной, избыточной и недостаточной массе тела	82
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	93
ВЫВОДЫ.....	102
ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ.....	104
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ.....	104
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	106
СПИСОК ИЛЛЮСТРИРУЕМОГО МАТЕРИАЛА.....	134
ПРИЛОЖЕНИЕ А.....	136
ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	136
ПРИЛОЖЕНИЕ В.....	137
ПРИЛОЖЕНИЕ Г.....	137
ПРИЛОЖЕНИЕ Д.....	138

ПРИЛОЖЕНИЕ Е.....	139
ПРИЛОЖЕНИЕ Ж.....	140
ПРИЛОЖЕНИЕ З.....	141
ПРИЛОЖЕНИЕ И.....	142
ПРИЛОЖЕНИЕ К.....	143

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования. В настоящее время наблюдается тенденция к увеличению средней продолжительности жизни населения. В этой связи отмечается неуклонный рост возраст-зависимых патологий [18; 58; 78; 176]. Естественное старение и изменения постурального баланса ослабляют структуры и системы, связанные с поддержанием равновесия и позы. Поэтому, понимание влияния этих изменений на постуральный баланс имеет важное значение для разработки инновационных методов лечения и профилактических мероприятий, направленных на улучшение качества и продолжительности жизни людей пожилого возраста, а также сохранения их мобильности и социальной независимости [18; 25; 87].

Для максимально эффективного взаимодействия человека с окружающей его средой необходимо обеспечение возможности сохранения вертикального положения тела и перемещения его в пространстве [35; 90]. В свою очередь успешность поддержания равновесия тела зависит от сложноорганизованной системы постурального баланса, позволяющей обеспечивать не только возможность простоя, но и реализацию таких сложных двигательных актов как ходьба и др. [68; 281].

Постуральный баланс определяется, как способность поддерживать общий центр массы тела (ОЦМ) на опорной поверхности и представляет собой совокупность двух подсистем - статического и динамического постурального баланса [8; 123; 145; 189]. Статический баланс - способность контролировать положение тела во время неактивного стояния. Динамический баланс - способность прогнозировать изменения позы, возникающие во время движения тела в пространстве, и обеспечивать соответствующие ответы на эти изменения [32; 168; 192; 193].

Степень разработанности темы исследования. В научных исследованиях достаточно подробно рассмотрены особенности

постурального баланса у мужчин пожилого и старческого возраста с синдромом падения [17, 27, 51, 66, 78], изучены физиологические механизмы регуляции постурального баланса человека [15, 100, 264], описаны нарушения ходьбы и равновесия у людей с различными заболеваниями [9; 12; 24; 25], а также, оценено влияние сенсорных систем на поддержание постурального баланса [11]. Имеются сведения о способах прогнозирования и предотвращения развития синдрома падений у лиц различного возраста [118], о влиянии различных физических упражнений на развитие синдрома падений, о проявлениях синдрома падений у лиц с избыточной массой тела (МТ) [129; 168].

Однако к настоящему времени практически отсутствуют данные о возрастных особенностях динамического компонента постурального баланса у пожилых женщин, у женщин пожилого возраста с синдромом падений и при различном индексе массы тела (ИМТ). А также отсутствуют нормативные данные для оценки этих показателей. На решение этих вопросов и направлено данное исследование, являющееся, по нашему мнению, весьма актуальным с теоретических и практических позиций.

Цель исследования - определить особенности динамического компонента постурального баланса у женщин пожилого возраста.

Применительно к этой цели были поставлены следующие **задачи**:

1. Выявить возрастные изменения динамического компонента постурального баланса у женщин при старении.
2. Установить характерные особенности динамического компонента постурального баланса у женщин пожилого возраста с синдромом падений.
3. Изучить состояние динамического компонента постурального баланса у женщин пожилого возраста с избытком, нормой и дефицитом МТ.

Научная новизна. Впервые получены данные о состоянии динамического компонента постурального баланса у женщин пожилого возраста при старении с помощью компьютерного стабилметрического комплекса «Balance Master», и разработаны нормативы для оценки этих

данных. Выявлены характерные изменения состояния динамического компонента пострурального баланса, отражающие особенности поструральной нестабильности у пожилых женщин, являющиеся предикторами развития синдрома падений. Установлена значимость влияния дефицита и избытка МТ на состояние динамического компонента пострурального баланса.

Теоретическая значимость исследования. Полученные данные расширяют и углубляют знания о поструральном балансе как одной из важнейших детерминант возможностей человека в решении двигательных задач. Результаты исследования дополняют имеющиеся сведения о возрастных изменениях динамического компонента пострурального баланса у женщин пожилого возраста. Важным в теоретическом отношении является определение как предикторов развития поструральной нестабильности и синдрома падений у женщин пожилого возраста, так и изменений основных параметров динамического компонента пострурального баланса у пожилых женщин с дефицитом и избытком МТ.

Практическая значимость исследования. Результаты исследования могут применяться в здравоохранении, в центрах и лабораториях активного долголетия, в отделениях восстановительного лечения для разработки и оценки эффективности лечебных, реабилитационных и профилактических мероприятий, направленных на улучшение качества и продолжительности жизни людей старшего поколения, а также для диагностики нарушений пострурального баланса у женщин пожилого возраста. Также результаты могут быть использованы в области физической культуры и спорта для контроля за состоянием опорно-двигательного аппарата и диагностики поструральных нарушений у лиц данной возрастной группы. Результаты исследования используются в научно-образовательном процессе в образовательных учреждениях г. Москва и г. Архангельск.

Методология и методы исследования. Методологическую основу диссертационного исследования составили теория функциональных систем (П.К. Анохин), положение о функциональных системах как объективной

реальности (К.В. Судаков), теория адаптации (Г. Селье, Ф.З. Меерсон), технология оценки функционального состояния организма (В.В. Парин, Ю.Н. Волков, О.Г. Газенко), понятие о геронтологии (В.Н. Анисимов, В.Н. Гладышев, И.И. Лихницкая, В.Х. Хавинсон), работы отечественных и зарубежных авторов по постурологии (Н.А. Бернштейн, В.С. Гурфинкель, Ю.С. Левик, Д.В. Скворцов, Р.М. Gagey, S.R. Lord, F.V. Horak).

Для исследования динамического компонента постурального баланса проводилась компьютерная стабилметрия в ходе которой оценивались характеристики движения проекции ОЦМ на плоскость опоры при вставании из положения сидя, показатели простой ходьбы, эффективность выполнения сложно-координационных и сложных двигательных актов на примере тандемной ходьбы, при развороте на 180° и при перешагивании через препятствие. Полученные данные проанализированы с применением статистических способов обработки информации, систематизированы и изложены в главах собственных исследований.

Положения, выносимые на защиту. 1. Система постурального баланса у женщин пожилого возраста в процессе старения характеризуется снижением эффективности взаимодействия ее составляющих, проявляющимся в значимом снижении длины шага и скорости движения при простой ходьбе, а также ухудшении показателей выполнения сложно-координационных и сложных двигательных актов.

2. Предикторами развития постуральной нестабильности и синдрома падений у женщин пожилого возраста являются такие изменения динамического компонента постурального баланса как укорочение шага при простой ходьбе, увеличение его ширины при тандемной ходьбе, увеличение скорости ходьбы при простой и тандемной ходьбе, увеличение времени реализации и снижение эффективности выполнения сложных двигательных актов при развороте на 180° и при перешагивании через препятствие.

3. У женщин пожилого возраста с дефицитом и избытком массы тела отмечается противоположная тенденция изменения основных параметров

динамического компонента постурального баланса, таких как усилие при вставании из положения сидя и при подъеме на препятствие, ширина шага при простой и тандемной ходьбе, скорость простой ходьбы, а также показателей выполнения сложно-координационных и сложных двигательных актов.

Внедрение результатов исследования. Результаты исследования внедрены и используются в научно-исследовательской работе лабораторий функциональных резервов организма и нейрофизиологии и ВНД института медико-биологических исследований Северного (Арктического) федерального университета им. М.В. Ломоносова (Акты внедрения 10.02.2016г.), в научно-образовательном процессе на кафедре физического воспитания и безопасности жизнедеятельности института естествознания и спортивной подготовки Московского городского педагогического университета (Акт внедрения 15.05.2020г.), в научно-образовательном процессе кафедры спортивной медицины и медицинской реабилитации Института клинической медицины и медицинской реабилитации им. Н.В. Склифосовского Первого Московского государственного медицинского университета им. И.М. Сеченова (Акт внедрения 09.07.2020г.).

Степень достоверности и апробация работы. Достоверность результатов исследования подтверждается объемом фактического материала, и использованием современных сертифицированных методов исследования и статистической обработки данных.

Результаты исследования доложены и обсуждены на заседаниях Ученого совета института медико-биологических исследований САФУ (Архангельск, 2016-2018); на заседаниях Архангельского регионального отделения общества физиологов им. И.П. Павлова (Архангельск, 2016, 2017, 2020); на научно – практических конференциях профессорско–преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов «Развитие Северо–Арктического региона: проблемы и решения» (Архангельск, 2016); на всероссийской научной практической конференции «Проблемы

геронтологии в условиях проживания в приарктическом регионе: «Серебряный возраст» (Архангельск, 2016); на 9 Балтийской конференции спортивных наук «Актуальные проблемы и новые идеи в спортивной науке» (Baltic Sport Science Society “Current issues and new ideas in sport science” (Каунас, 2016); на научной конференции «Физиологические особенности развития человека в циркумполярных условиях» (Архангельск, 2017); на Международном медицинском форуме «Медицина будущего - Арктике» (Архангельск, 2017; 2020); на Всероссийской научно-практических конференции "Агаджаньяновские чтения" (Москва, 2020), XIV Annual International Conference for Students and Young Researchers “Modern University Sport Science” (Москва, 2020); на VIII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием "Актуальные вопросы реабилитации в медицине и спорте" (Ивановская область, 2020).

Работа поддержана грантами: - проектная часть государственного задания в сфере научной деятельности министерства образования и науки РФ на 2016г., № 2025 Северному (Арктическому) федеральному университету имени М.В. Ломоносова; - областных конкурсов научных проектов «Молодые ученые Поморья», № 05-2017-03а, 2017г., № 10-2020а, 2020г.; - регионального конкурса РГНФ и администрации Архангельской области «Русский Север: история, современность, перспективы» в рамках проект № 17-16-29003, 2017г.

Соответствие диссертации паспорту научной специальности. Научные положения диссертации соответствуют специальности 03.03.01 – физиология. Результаты проведённого исследования соответствуют области исследования специальности, конкретно пунктам 3, 4, 5 паспорта специальности: 3) Исследование закономерностей функционирования основных систем организма (нервной, иммунной, сенсорной, двигательной, крови, кровообращения, лимфообращения, дыхания, выделения, пищеварения, размножения, внутренней секреции и др.). 4) Исследование механизмов сенсорного восприятия и организации движений. 5)

Исследование динамики физиологических процессов на всех стадиях развития организма.

Публикации. По материалам диссертации за последние 5 лет опубликовано 14 печатных работ, в том числе 3 статьи в журналах Scopus и 4 в изданиях по списку ВАК, 2 свидетельства о государственной регистрации баз данных.

Структура и объем диссертации. Диссертация изложена на 137 страницах машинописного текста и состоит из введения, трех глав, заключения, выводов, практических рекомендаций, списка литературы и приложений. Работа иллюстрирована 7 таблицами и 10 рисунками. Библиография включает 287 источников, из них 81 отечественных и 206 зарубежных публикаций.

ГЛАВА 1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1 Постуральный баланс и механизмы его определяющие

Успешность поддержания равновесия тела зависит от сложноорганизованной системы постурального баланса, позволяющей обеспечивать не только возможность простого стояния, но и реализацию таких сложных двигательных актов как ходьба и др. [68; 82; 150; 281].

Постуральный баланс представляет собой совокупность двух подсистем - статического и динамического постурального баланса. Статический баланс определяется, как способность контролировать положение тела во время неактивного стояния. Для поддержания статического равновесия, центр тяжести (ЦТ) должен проходить на уровне второго крестцового позвонка и проецироваться на базу поддержки. Динамический баланс определяется как способность прогнозировать изменения позы, возникающие во время движения тела в пространстве, и обеспечивать соответствующие ответы на эти изменения [31; 83; 177].

В современной научной литературе встречается достаточно широкий спектр синонимичных терминов, характеризующих способность тела человека обеспечивать контроль за вертикальным положением и перемещением его в пространстве. К числу наиболее употребляемых относятся такие понятия как «постуральный баланс», «постуральный контроль», «позный контроль», «вертикальная устойчивость», «равновесие» [132]. Также достаточно часто используют термин «Posture» (поза) - описывающий бессознательную и автоматическую функцию организма, действующая на все тело человека, когда он стоит или движется. Постуральный баланс определяется как способность поддерживать ОЦМ на опорной поверхности и рассматривается в рамках концепции координации [62; 63; 94; 171].

Постурология - как отрасль научного знания, изучающего механизмы обеспечения сохранения и управлением положения тела в пространстве, берет свое современное происхождение во Франции примерно в 1960 году, благодаря работам французского нейрофизиолога Жана-Бернара Барона, который создал ISPGR (Международное общество по изучению позы и походки). Одним из всемирно известных членов данного общества с 1973 года является доктор Пьер-Мари Гэджи, французский врач, многочисленные труды которого послужили основой обоснования научного подхода к формированию контроля постурального баланса и обосновании использования данных знаний в здравоохранении [33; 69]. Помимо значимого вклада европейских специалистов данная отрасль знаний получила широкое развитие в Соединенных Штатах Америки и Японии. Однако в нашей стране постурология в рамках ее использования в клинической практике не нашла столь широкого применения и находится на начальном этапе развития [33; 69; 233].

Постуральный контроль больше не считается просто суммированием статических рефлексов, а представляет собой сложный навык, основанный на взаимодействии динамических сенсомоторных процессов. Двумя основными функциональными целями постурального поведения являются постуральная ориентация и постуральное равновесие. Постуральная ориентация включает в себя активное выравнивание туловища и головы относительно ОЦМ, опорных поверхностей, визуального окружения и внутренних ориентиров. Сенсорная информация из соматосенсорной, вестибулярной и зрительной систем интегрирована, и относительный вклад информации из данных источников будет определяться целью и задачами движения, а также контекстом окружающей среды. Постуральное равновесие включает в себя координацию стратегий движения для стабилизации ОЦМ тела во время как самостоятельно инициируемых, так и вызываемых извне нарушений устойчивости. Выбор конкретной стратегии реагирования зависит не только от характеристик внешнего постурального смещения, но также от ожиданий,

целей и предыдущего опыта человека. Упреждающие изменения положения тела перед произвольным движением конечностей служат для поддержания устойчивости позы путем компенсации дестабилизирующих сил, связанных с движением конечностей. Объем когнитивной обработки, необходимый для постурального контроля, зависит как от сложности постуральной задачи, так и от возможностей системы контроля позы субъекта [48; 131; 262].

Современные исследователи полагают, что постуральный баланс представляет собой совокупность двух подсистем - статического и динамического постурального баланса. Статический баланс определяется, как способность контролировать положение тела во время неактивного стояния. Для поддержания статического равновесия, ЦТ должен проходить на уровне второго крестцового позвонка и проецироваться на базу поддержки. Динамический баланс определяется как способность прогнозировать изменения позы, возникающие во время движения тела в пространстве, и обеспечивать соответствующие ответы на эти изменения. Анатомическим субстратом постурального баланса является совокупность взаимодействий между опорно-двигательного аппарата и афферентными и эфферентными путями центральной нервной системы (ЦНС), чья основная роль заключается в поддержании тела человека в состоянии баланса и сохранении заданной позы [181; 278].

Следует отдельно отметить, что несмотря на достаточно тесную функциональную связь, механизмы перемещения тела в пространстве (ходьбы) и спокойного стояния не являются абсолютно идентичными [9; 12; 128]. Для выполнения локомоции, реализуемой на базе системы постурального баланса необходимо осуществлении генерации ритмичных движений конечностей. Это достигается за счет интеграционных действий между «системами контроля положения тела» и «локомоторной (генерирующей ритм) системой». Интегративные действия действуют на уровне ствола мозга и спинного мозга. Соответствующий постуральный контроль требует следующих трех условий: (1) развития постурального

мышечного тонуса, достаточного для поддержания веса тела и поддержания осанки в противовес действующей силы тяжести, (2) формирование постуральных рефлексов, поддерживающих равновесие тела в ответ на изменения окружающей среды, и (3) получение сенсорной информации, включая вестибулярные, зрительные, слуховые, проприорецептивные и кожные ощущения. В дополнение к вышеперечисленным условиям локомоторный контроль требует, по крайней мере, механизмов генерации ритма и динамического постурального равновесия, которые позволяют человеку двигаться вперед [19; 20; 139; 140].

Известно, что обеспечение постурального баланса человека может быть описано с помощью следующих моделей: спокойного стояния, реактивного или адаптивного контроля, произвольного контроля, преднастройки позы. [3; 76]. Постуральный баланс спокойного стояния реализуется на основании соматосенсорной проприорецептивной и вестибулярной афферентации с использованием «антигравитационных мышц». Значимый вклад в поддержание позы также вносят мышцы шеи, полуперепончатая и полусухожильная, супраспинальные мышцы [6; 98].

При нарушении равновесия, встрече с препятствием, резким изменением направления движений происходит автоматическая активация реактивного позного контроля, в результате чего обеспечивается восстановление положения ЦТ за счет активации нервно-мышечных синергий. Ведущим источником афферентации является информация от вестибулярной системы о линейных и угловых изменениях положения головы [70; 172].

Позная преднастройка в свою очередь основывается на реализации предвосхищающих рефлексов и реализуется путем изменения позы перед реализацией соответствующего произвольного движения. Важную роль при осуществлении преднастройки позы оказывает прошлый двигательный опыт человека, а также существование представления о необходимом способе выполнения планируемого действия. Регуляция данной формы позного

контроля осуществляется в промежуточных отделах мозжечка с вероятным вовлечением моторных зон коры большой полушарий головного мозга [95].

Произвольный позный контроль является единственной полностью управляемой формой поддержания заданной позы и сохранения равновесия. Для его реализации необходимо формирование смысловой программы действия в ассоциативных зонах головного мозга с одновременным вовлечением моторной коры больших полушарий, мозжечка и базальных ганглиев. Ведущим источником афферентации при данном виде регуляции позного контроля является информация от зрительного анализатора [46; 249].

В настоящее время при описании структурной организации постуральной системы управления выделяют 3 функциональных блока: биомеханический, двигательной координации и сенсорный. [21]. В свою очередь в качестве анатомических образований, составляющих морфологический субстрат функциональных блоков, наибольшее значение имеют опорно-двигательная и соматосенсорная системы, вестибулярный и зрительный анализаторы, а также их центральное представительство в коре головного мозга [68; 102].

Обеспечение скоординированной работы множества функциональных систем организма для поддержания постурального баланса реализуется с помощью различных групп механизмов: рефлексов, синергий и стратегий. [68]. Обеспечение постурального баланса на рефлекторном уровне основано на активации двух типов рефлексов. Тонические рефлексы ответственны за обеспечение мышечного тонуса и регулируют поддержание заданной позы, фазические рефлексы связаны с реализацией двигательных актов [71].

Считается, что концепция управления двигательными актами с дополнительным использованием для регуляции позы информации от периферийных сенсорных систем впервые была представлена Н.А. Бернштейном [8]. В его работах была приведена классификация движений (синергий), на основании близости кинематических характеристик и вовлечении схожих иерархических уровней организации нервной системы.

Чтобы поддерживать постоянный баланс, нервная система должна противостоять классической проблеме «степеней свободы», где доступно много разных решений задачи из-за большого количества элементов, которыми необходимо управлять, или степеней свободы в системе. При постуральном контроле мышцы и суставы через конечности, туловище и шею должны быть скоординированы, чтобы поддерживать ОЦМ над основанием поддержки, обычно сформированным ногами. Множество степеней свободы, предоставляемых суставами и мышцами, позволяют принимать несколько решений, обеспечивая гибкость нервной системы при выполнении постуральной задачи. Эта избыточность создает проблему для нервной системы: она должна выбрать из большого набора возможных решений, потому что требования задачи не достаточны для однозначного определения того, как должны контролироваться каждая мышца и сустав. Бернштейн предложил нейронную стратегию для упрощения управления множественными степенями свободы путем объединения или группировки выходных переменных на кинематическом уровне. Эта схема была основана на экспериментальных наблюдениях, что множественные углы соединения, по-видимому, контролируются вместе, а не независимо, во время двигательных задач. Например, во время бега тазобедренный, коленный и голеностопный суставы все сгибаются и растягиваются одновременно, что свидетельствует о том, что они не контролируются независимо. Это совместное изменение углов сустава приводит к вертикальному перемещению ОЦМ простым движением, которое имитирует подпрыгивание системы пружин и масс. При ходьбе углы суставов нижних конечностей изменяются по-разному, так что общее движение ОЦМ напоминает движение перевернутого маятника. Следовательно, общий эффект таких совместных вариаций углов или кинематических синергий может заключаться в том, чтобы производить предсказуемое и простое движение переменной задачи под рукой - в случае локомоции - траекторию ОЦМ [193; 238; 256].

Н. А. Бернштейн построил модель, состоящую из пяти уровней, каждый из которых соответствует определенной ЦНС и определенному классу двигательной активности. Уровень А - уровень палеокинетической регуляции, тоническая регуляция тела в целом: тонус, активность, удержание осанки и напряжения тела, (ретикулярная формация в ЦНС). В - уровень синергизма и штампов: содержит набор врожденных и приобретенных двигательных автоматизмов тела, (бледный шар в ЦНС). Уровень С – движение в пространстве - восприятие и достижение реальных целей в реальном пространстве, (полосатое тело в ЦНС). D-уровень действия - восприятие и достижение воображаемых целей в воображаемом пространстве, (кора в ЦНС). Группа уровней Е - уровни регуляции интеллектуальных действий, «моторная душа» человека. Первоначально она была изобретена как иерархическая система, то есть когда высший уровень данной конструкции движения «приказывает» нижним автоматически выполнять свою частичную задачу, не привлекая внимания исполнителя. Следовательно, нижние уровни играют роль «фона» до самого высокого «командного» уровня [107; 269].

Признавая вычислительную сложность, связанную с контролем избыточных степеней свободы человеческого тела, Бернштейн предположил, что мышцы вынуждены действовать вместе в функциональной синергии. Считается, что эти синергии уменьшают количество степеней свободы, которые должны быть указаны для достижения положения в пространстве, тем самым уменьшая вычислительную нагрузку нервной системы. В большинстве двигательных актов задействовано много разных мышц, в том числе те, которые необходимы для создания желаемых смещений суставов (фокусное движение), и те, которые действуют для поддержания равновесия и осанки во время движения. Несмотря на то, что изначально концепция синергии достаточно обоснованно была использована в отношении паттернов активации мышц, наблюдаемых в ответ на внешние возмущения, она также применима к движениям, вызванным произвольными усилиями.

Исследователи описали воспроизводимые паттерны активации мышц, связанные с многочисленными действиями, выполняемыми в положении стоя, включая быстрое сгибание и разгибание локтя, быстрых подъемов руки, односторонних движений нижних конечностей и начала ходьбы. Чаще всего исследователи приходили к выводу, что последовательность из 2 или более постуральных мышц активируется с прямой связью, задолго до активации фокусных мышц. Для движений верхних конечностей упреждающая постуральная мышечная активность служит для противодействия дестабилизирующим силам, создаваемым предстоящим фокусным движением, и минимизации смещения ОЦМ. Для движений нижних конечностей и начала ходьбы позная активность вызывает контролируемое смещение ЦМ над опорной поверхностью [22; 60; 61; 108; 220].

Хотя некоторые исследователи прокомментировали заранее запрограммированную стереотипную природу ходьбы, лишь немногие исследовали последовательность порядка постуральной мышечной активации. Так зарубежные исследователи сообщили о воспроизводимом паттерне, включающем подавление тонической мышечной активности подошвенной мышцы с последующей активацией передней большеберцовой мышцы с двух сторон. Они полагали, что это временно инвариантное отношение представляет двигательную программу, которая может использоваться во время таких задач, как сгибание вперед и подъем на носки, а также во время начала ходьбы [87; 172; 178; 249]. В свою очередь, наблюдая фазовую активацию отводящих и приводящих мышц бедра в постоянных временных соотношениях до одностороннего сгибания нижней конечности во время стоячей работы и движения вперед. Однако в каждое из этих исследований были включены только субъекты, и предлагаемые синергизмы состояли только из пар постуральных мышц [154; 186; 286].

Другие исследователи отметили значительную вариабельность выполнения односторонних движений нижних конечностей во время стояния. При анализе активности мышц прямой кишки и двуглавой мышцы

бедра, связанную с шаговыми движениями, выполняемыми при спокойном стоянии над препятствиями разной высоты, хотя они не исследовали электромиографическую активность до начала движения, было выявлено, что время пиков миограммы во время ходьбы сильно варьировалось в зависимости от испытаний и условий. В более поздних формулировках было признано, что ограниченное количество мышечных синергий может вызывать непрерывную постуральную реакцию. Хотя паттерны активации мышц не могут быть строго коррелированы во всех направлениях возмущения, набор постуральных реакций имеет меньший размер, чем количество направлений возмущения или контролируемых мышц, и может быть объяснено гибким «смещением» ограниченного набора мышц синергии, а также тем фактом, что мышцы могут участвовать в более чем одной мышечной синергии [37; 57; 72].

Поскольку количество мышечных синергий меньше количества мышц, соответственно и спектр моделей мышечной активации, которые могут быть получены с помощью мышечных синергий, еще более ограничен, чем в случае, когда мышцы контролируются независимо. Множественная синергия мышц может существовать даже для одного постурального возмущения [225; 258; 281]. При изменении положения поверхности опоры у человека реализуется несколько типов ответов, именуемых стратегиями. Одна называется «голеностопная стратегия», когда тело остается в вертикальном положении, и большая часть движений происходит вокруг голеностопного сустава. Другая называется «бедренная стратегия», когда туловище наклоняется вперед, и движение осуществляется в тазобедренном суставе. Третьей является «шаговая стратегия», используемая человеком при достаточно сильном смещении ОЦМ, когда голеностопная и тазобедренная стратегии не могут его компенсировать. Такое нарушение баланса приводит к выполнению шага, с целью увеличения базы поддержки опоры тела [92; 121]. Каждая стратегия может быть определена с помощью определенной пространственно-временной модели мышечной активации и обладает

специфическим характером совместных моментов. Анализ мышечной синергии постуральных реакций человека демонстрирует, что каждая стратегия соответствует независимо модулированной мышечной синергии. Следовательно, гибкая комбинация разных синергий может лежать в основе изменений автоматического постурального ответа. Таким образом мышечная синергия является механизмом, посредством которого нисходящие влияния могут влиять на выбор постуральной стратегии [8; 68; 122; 218].

Столь сложная система сохранения и управления положением тела в пространстве требует значительного вовлечения нервной системы. В следствие чего обычно рассматривается несколько уровней регуляции постурального баланса: спинальный, стволово-мозжечковый, высший (корково-подкорковый) [74].

Автоматический процесс ходьбы, представляющий собой устойчивые пошаговые движения, ассоциирующиеся с постуральными рефлексам, включая координацию головного мозга, сопровождающуюся соответствующим выравниванием сегментов тела и оптимальным уровнем постурального мышечного тонуса, опосредуется нисходящими путями от ствола мозга к спинному мозгу. В частности, этому процессу способствуют ретикулоспинальные пути, возникающие из латеральной части покрышки моста и локомоторной спинальной сети. С другой стороны, ходьба в незнакомых обстоятельствах требует когнитивного процесса постурального контроля, который зависит от знаний о себе, таких как схема тела и движение тела в пространстве. Когнитивная информация вырабатывается в коре височно-теменной зоны и является фундаментом для поддержания вертикальной позы и построения двигательных программ. Программы в моторных областях коры выполняются для выполнения упреждающей постуральной регулировки, оптимальной для достижения целенаправленных движений. Базальные ганглии и мозжечок могут влиять как на автоматические, так и на когнитивные процессы постурального контроля

посредством взаимных связей со стволом мозга и корой головного мозга соответственно [53; 175; 228].

Базальные ганглии и мозжечок способствуют как волевому, так и автоматическому аспектам передвижения. В настоящее время понимается, что нервные цепи между корой головного мозга, базальными ганглиями и петлями мозжечка участвуют в управлении произвольными движениями и автоматическом выполнении выученных двигательных планов и программ. Нейронные цепи между префронтальной корой, хвостатым ядром и латеральной зоной полушария мозжечка участвуют в регуляции сложных движений конечностей под визуальным контролем, а также в планировании и программировании этих движений (когнитивные петли). Нервные цепи между моторными областями коры, скорлупой и промежуточной зоной мозжечка могут способствовать регуляции произвольных, дискретных, ипсилатеральных движений конечностей (двигательные петли). Кроме того, базальные ганглии и проекция мозжечка в стволе головного мозга, способствуют соответствующему регулированию автоматического контроля опорно-двигательного аппарата. Важно отметить, что мозжечок получает значительные сенсорные сигналы в реальном времени, в то время как базальные ганглии не получают сенсорной обратной связи. Базальные ганглии получают «волевые указания» от коры головного мозга и «эмоциональные указания» от лимбической системы [55; 89; 146].

Многочисленными исследованиями продемонстрировано, что перечень факторов, влияющих на адекватное реагирование системы постурального баланса, включает в себя величину интенсивность возмущающего воздействия извне, качество и объем афферентной информации, поступающей от анализаторов, а также сохранность когнитивных функций, таких как внимание, планирование, память и способность к обучению [55; 56; 89; 146; 160].

Также исследованиями доказано, что обеспечение поддержания вертикальной устойчивости и перемещения в пространства основано на

способности нервной системы интегрировать большое количество входящей сенсорной информации и координировать множество моторных сигналов для мышц по всему телу. Структура и функции скелетных мышц позволяют телу человека осуществлять широкий спектр действий, от быстрого производства сил и движений до длительного сохранения ориентации сегментов тела относительно силы тяжести. Кроме того, специфичная для задачи активация функционально различных типов мышечных волокон, которые составляют данную мышцу, может обеспечить богатый репертуар мышечных сокращений и энергетику производства силы. Постуральный баланс обычно рассматривается как низкое напряжение мышц, наблюдаемое как в дистальных, так и в проксимальных (туловище и шея) скелетных мышцах. В контексте постуральной функции скелетных мышц и стабилизации сегментов тела эластичные свойства скелетной мускулатуры и мышечного напряжения тесно связаны с регуляторными и цитоскелетными белками. Несмотря на то, что постуральная мышечная активность довольно мала, стоит подчеркнуть, что любая поза не является пассивной, и специфическая небольшая активность мышц шеи, туловища и конечностей определяет напряжение покоя, осевой тонус, индивидуальные позы в позе, выражение лица и т. д. [68; 244; 248; 268]. Длительное поддержание постуральной мышечной активности (минуты или даже часы) связано с низкими затратами энергии. Постуральная активность обычно вовлекает медленные мышечные волокна, которые более устойчивы к усталости. Наличие значительного интереса отечественных и зарубежных исследователей к вопросу нервной регуляции мышечного тонуса и ее роли в обеспечении постурального баланса свидетельствует о значимости и актуальности данного вопроса [15; 223; 246].

Сохранение вертикального положения, характерного для человека, требует уравнивания моментов внешних сил, действующих на отдельные пассивные и активные сегменты. Поддержание баланса тела зависит от морфологии и функции костей, мышечной и нервной системы, а площадь поверхности опоры и высоты ЦТ. Проще говоря, можно принять,

что человеческое тело в положении стоя представлено сегментами, которые лежат друг на друге и представляют собой набор перевернутых маятников, которые остаются в состоянии нарушенного равновесия. Следовательно, в этой позиции нет состояния статического равновесия, а имеется постоянное восстановление утраченного баланса. Причины этого состояния включают дыхательные движения грудной клетки (0,3–0,5 Гц), мышечный тремор (7–14 Гц), сердечный цикл (0,9–1,3 Гц) и движения, которые корректируют поддержание осанки тела (0,05–0,2 Гц). Анализ поведения простейшей модели положения стоя, такой как модель перевернутого маятника, показывает, что его устойчивость в вертикальном положении может быть обеспечена двумя способами. Первый означает прямой мониторинг угла наклона маятника по отношению к опорной поверхности. У людей этот угол контролируется в первую очередь проприоцептивной обратной связью из области голеностопного сустава. Отклонение осанки от вертикальной линии сигнализируется как изменения напряжения и длины мышц, изменения углов суставов и распределения давления на поверхность ног. Второй тип контроля устойчивости может использовать сигналы о расположении верхнего конца маятника. В случае положения тела это означает контроль положения головы человека в пространстве. Зрение и вестибулярный аппарат, расположенный во внутреннем ухе, обеспечивают необходимую обратную связь для поддержания правильного (самого высокого) положения тела в пространстве. Кроме того, положение головы контролирует напряжение мышц туловища и конечностей посредством шейных рефлексов. С этой точки зрения можно предположить, что баланс обеспечивается за счет интеграции периферического восходящего контроля (голеностопный сустав - голова) и нисходящего контроля (голова - голеностопный сустав) в нервной системе. Оба типа управления обеспечивают стабильное вертикальное управление при свободном стоянии и передвижении. Элементы управления дополняют друг друга. Таким образом, ограничение одного из них может быть компенсировано деятельностью другого [90; 259]. Поддержание

вертикального положения тела требует активного вовлечения антигравитационных мышц [159; 179]. Продемонстрировано, что расположение отдельных частей тела друг над другом приводит к снижению мышечного напряжения, усилий и энергии, необходимых для поддержания его в вертикальном положении. Кроме того, утверждается, что деление тела на блоки тесно связано с периферическим зрением, дыханием и ЦТ. Отмечается, что важно, чтобы блоки располагались один над другим, чтобы они образовывали устойчивую целостность [156].

Ведущим источником информации о состоянии окружающего пространства, необходимой для обеспечения постурального равновесия является зрительная система [54; 84; 277]. В случае снижения или полной утраты зрительной функции частичная компенсация его функции может быть произведена за счет повышения чувствительности других сенсорных систем [109]. При обратной ситуации, в случае обесценивания других сенсорных систем значение зрительной системы в обеспечении постурального баланса повышается [239]. Эффективность вклада зрения в регуляции позы зависит от остроты и контрастности зрения [43], от центрального и периферического полей зрения [192], от степени освещенности окружающей обстановки [277].

Существуют множество параметров, влияющих на визуальный контроль положения тела в пространстве, такие как размер и локализация объекта, диспаратность, движение глаз, острота зрения, глубина резкости и пространственная частота. Стоит отдельно подчеркнуть особую значимость периферического, а не центрального зрения в поддержании стабильной вертикальной позиции тела. Так проведенные исследования, показали, что визуальная стимуляция периферического поля зрения уменьшает постуральное влияние в направлении наблюдаемого визуального стимула к переднезаднему, а не медиально-латеральному направлению [40; 238; 258].

Вестибулярная система уникальна среди других систем, поскольку она сразу становится мультисенсорной и мультимодальной. Например, вестибулярная система взаимодействует с проприоцептивной системой в

сочетании с вытекающим из нее двигательным планом, что позволяет мозгу активно отличать генерируемые от пассивных движений головы [58; 260; 283]. Кроме того, как зрительные, так и проприоцептивные системы взаимодействуют с вестибулярной системой по всем центральным вестибулярным путям и необходимы для контроля взгляда и позы. Ствол головного мозга содержит премоторные нейроны и сенсорные нейроны второго порядка, которые получают афферентную информацию и направляют его непосредственно к мотонейронам. «Простые пути» также опосредуют вестибулоспинальные рефлексy, которые важны для поддержания осанки и равновесия. Взаимодействие мультисенсорных и мультимодальных путей важно для более высокого уровня функций, таких как восприятие собственного движения и пространственная ориентация, и это в значительной степени связано с присущей им сложностью [30; 38; 279].

Помимо зрительной и вестибулярной систем не менее значимой для поддержания постурального баланса является соматосенсорная система. Основной ее ролью является обеспечение ЦНС данными о положении отдельных частей тела относительно друг друга и базы поддержки. [11; 142; 162; 282].

Для описания способности нашего тела формировать представление о положении отдельных частей тела, угловую и линейную скорость их перемещения в пространстве, а также величину мышечных усилий на это затрачиваемую в настоящее время чаще всего используются два термина: «проприорецепция» и «кинестезия». Термин «проприоцепция» был введен в 1906 году нейрофизиологом сэром Чарльзом Шеррингтоном от латинского «*proprius*», что означает «свой», для характеристики сенсорной информации, полученной из нервных рецепторов, встроенных в суставы, мышцы и сухожилия. Следовательно, проприоцепция первоначально была определена как «восприятие движения сустава и тела, а также положения тела или сегментов тела в пространстве». Несколькими годами ранее, в 1880 году, был введен термин «*kinaesthesia*», от греческого «*kinein*» (двигать) + «*aisthēsis*»

(ощущение), чтобы описать роль моторной коры в выявлении двигательного поведения, которое координирует специфические и функционально соответствующие соматосенсорные афферентные паттерны. В настоящее время данные термины используются для обозначения способности оценивать конфигурацию и движения частей тела организма [34; 80; 127].

Таким образом проприоцепция может быть определена как совокупный нервный ввод в ЦНС от специализированных нервных окончаний, называемых механорецепторами, которые расположены в суставах, капсулах, связках, мышцах, сухожилиях и коже [135; 201; 234]. Проприоцепция ответственна за генерацию следующих видов ощущений: чувство напряжения (сопротивления), чувство движения и чувство позы. Чувство сопротивления представляет способность ценить силу, произведенную в суставе. Чувство движения относится к способности оценить движение суставов, включая продолжительность, направление, амплитуду, скорость, ускорение и время движения. Чувство позы определяет способность субъекта воспринимать представленный угол сустава, а затем, после перемещения конечности, активно или пассивно воспроизводить тот же угол сустава. Все три вида ощущений могут быть оценены осознанно и неосознанно, способствуя автоматическому управлению движением, равновесию и стабильности суставов, таким образом, являясь необходимыми залогом для выполнения повседневных жизненных задач, прогулок и занятий спортом [64; 99; 200; 266].

Мышечные веретена играют важную роль в проприоцепции. Механорецепторы предоставляют нервной системе информацию о длине и скорости сокращения мышц, тем самым способствуя способности человека различать движение суставов и чувство положения. Мышечные веретена также обеспечивают афферентную обратную связь, которая переводит стимулы в соответствующие рефлексивные и произвольные движения. Другим органом, способствующим проприоцептивной информации, является сухожильный орган Гольджи. Он расположен на границе мышечного

сухожилия и передает информацию о растягивающих силах. При этом он является крайне чувствительным и способен реагировать даже на незначительное натяжение мышц. При его активации афферентные синапсы нейронов во вставочных нейронах спинного мозга, которые ингибируют альфа-мотонейроны мышц, приводят к снижению напряжения в мышцах и сухожилиях [44; 78; 93].

Приведенный анализ литературных источников продемонстрировал многокомпонентность и сложность организации системы обеспечения постурального баланса человека. Который в свою очередь может быть представлен как способность поддерживать ОЦМ на опорной поверхности (базы поддержки) как при спокойном стоянии, так и при осуществлении сложных двигательных актов (ходьба, бег и т.д.). Залогом эффективного управления телом в пространстве является достаточных объем афферентной информации от зрительной, вестибулярной и соматосенсорной систем, необходимый ЦНС для обеспечения ее интегративной и управляющей функции.

1.2 Постуральный баланс и старение

В настоящее время при описании инволютивных процессов, происходящих в организме человека на финальном этапе его жизненного пути, чаще всего используют термин «старение». При этом стоит отдельно подчеркнуть, не смотря на кажущуюся близость, старость и старение – являются различными по содержанию понятиями. Старость рассматривается как явление, фаза жизни, а старение - это процесс. Старость - это этап, состояние в жизни человека, оно статично, старение - наоборот, это процесс развития и динамичное явление. Старение можно определить, как постепенное снижение функциональных резервов органов тела человека, что снижает возможность поддержания системного баланса. Это непрерывный и необратимый процесс, протекающий поэтапно [2]. Старение аналогичным

образом описано и в работах других исследователей, по их мнению, это многослойный и многомерный процесс, зависящий от многих сосуществующих факторов, как внутренних (генотип), так и внешних (окружающая среда). В биологическом аспекте старение заключается в снижении способности к регенерации системы, уменьшению способности самообновления клеток и тканей и, наконец, в ослаблении адаптационных возможностей организма. Инволюционные процессы доминируют над эволюционными. Этот процесс не одинаков для всех: существуют значительные индивидуальные различия в скорости старения, включая все внутренние органы, которые могут стареть с различной скоростью под влиянием образа жизни и иных внешних факторов [100, 104].

Несмотря на достаточно четко сформированное представление о процессе старения, его причины до сих пор однозначно не определены [3]. Существует несколько сотен гипотез, но ни одна из них не получила однозначного признания. Биологические теории старения разделяется на две группы:

- стохастические теории - предполагают, что старение является производной от случайных факторов, влияния совокупного ущерба и травм, возникающих на более ранних этапах жизни, в результате которых вредные вещества накапливаются в организме, являясь производными метаболизма и жизнедеятельности клеток.

- детерминантные теории - они предполагают, что продолжительность жизни, скорость процесса старения и его качество регулируются генетической предрасположенностью [4]. Согласно ним старение - это целенаправленный процесс, запрограммированный природой: он зависит от биологических часов, он регулируется генами. В течение жизни происходят многочисленные повреждения генетического материала (хромосомы). Клеточные теории старения предполагают, что количество клеточных делений строго определено. Причиной старения и, как следствие, гибели

клеток является потеря способности к дальнейшему делению, вызванная укорочением концов хромосом, называемых теломерами [1; 3; 39; 144; 156].

ВОЗ признает 60-летний возраст началом старости. Она выделяет три основных этапа: - от 60 до 75 лет - ранняя старость; - от 75 до 90 лет - поздняя старость; - 90 лет и старше - долголетие [3]. Симона де Бовуар, с другой стороны, считает, что пожилой возраст не является единообразным периодом и выделила два этапа последней фазы жизни, взяв за один из критериев функциональный возраст, то есть психофизические способности пожилого человека: На первом этапе пожилые люди являются функционально независимыми, - на втором этапе пожилые люди являются зависимыми [5]. Стюарт Гамильтон И. выделил четыре возрастные группы: - «молодой возраст» (60–69 лет), «пожилой» средний возраст (70–79 лет), - «старый возраст» (80–89 лет), «дефектный возраст». - после 90 лет [6; 96].

Процесс старения также можно разделить. Первый тип - это здоровое старение (наименее распространенное), в течение которого отсутствуют болезненные процессы. Другое, то есть обычное старение, состоящее из незначительных болезненных состояний. Эти заболевания являются хроническими и не оказывают значительного влияния на ухудшение качества жизни пожилых людей. Наименее благоприятный тип - патологическое старение [120; 125; 134].

Исследования пространственно-временных показателей ходьбы у людей 65 - 90 лет доказывают, что пол, более пожилой возраст, полиморбидность, инвалидность и использование лекарственных препаратов оказывает влияние на ходьбу человека. Они также обнаружили, что для мужчин в возрасте старше 74 лет характерно снижение длины шага [265]. Обнаружено, что 25% людей 70 -74 лет, и почти 60% в возрасте от 80 до 84 лет страдают нарушениями ходьбы. [271]. Было выявлено, что люди в возрасте 75 лет и старше показали значительно более низкие значения для параметров скорость ходьбы, длина шага и более высокие значения для каденции ширины шага по сравнению с возрастной группой 65 - 74 лет. Этот

результат может представлять собой адаптацию к возрастным изменениям сенсорной или моторной систем организма для более безопасной ходьбы [25; 100; 115; 144; 246].

Поза и ее стабильность претерпевают значительные изменения в онтогенезе - от детства до старости. Контроль положения тела постоянно регулируется в зависимости от условий окружающей среды. Постоянные модификации контроля осанки наблюдаются как в результате нормального развития, так и в результате различных патологических изменений, происходящих в организме. В период до 7-8 годов жизни осанка постепенно стабилизируется. В период полового созревания под влиянием нейрогормональных изменений продолжается формирование осанки с последующей ее стабилизацией и формированием физиологически оптимальной позы. Эта поза характеризуется надлежащим мышечным тонусом и образованием физиологических искривлений позвоночника. Осанка остается стабильной до 30 лет, после чего происходит постепенное ее ухудшение вследствие снижения функции системы обеспечения постурального баланса [1; 41; 60; 149; 270; 278].

Кроме того, на баланс среди пожилых людей часто влияют используемые ими лекарства, например, психотропные, противодиабетические или гипотензивные, которые могут вызвать головокружение и стать причиной дисбаланса. Основным симптомом постуральной нестабильности является дисбаланс, который приводит к падению - часто с трагическими последствиями [42; 119; 141; 173; 273]. Различают три инволюционные фазы баланса. Первая в возрасте 26-45 лет, т.е. фаза компенсации без заметных статистических различий, вторая фаза приходится на 46-55 лет с тенденцией к ухудшению функции баланса и третья фаза с 56 лет, когда отмечаются статистически значимые ухудшения показателей постурального баланса [9; 167; 177].

Исследования многих авторов показали, что регресс функции баланса тела увеличивается с возрастом. Так было проведено сравнение двух групп

людей разного возраста, включавших как мужчин, так и женщин. Первая группа состояла из людей в возрасте от 20 до 35 лет, а вторая группа состояла из людей в возрасте от 60 до 75 лет. Полученные ими данные показали, что возраст был значимым фактором, влияющим на все исследуемые показатели. Пожилые люди продемонстрировали большую площадь опоры независимо от вида проводимой пробы (глаза открыты, глаза закрыты или с визуальной обратной связью) [10; 185; 230].

Проведен сравнительный анализ состояния постурального баланса в двух группах - молодых (18–39 лет) и пожилых людей (> 75 лет). Полученные данные продемонстрировали, что при выполнении статических и динамических проб с открытыми и закрытыми глазами в группе пожилых по сравнению с более молодыми субъектами средняя скорость колебаний и отношение скорости колебаний высокой и низкой частоты были значительно выше. При этом наиболее наглядным показателем, отличавшимся между сравниваемыми группами, было изменение скорости переднезаднего колебания во время углового наклона платформы с закрытыми глазами (почти у трех четвертей лиц старшего возраста отмечались значения, превышающие 2 стандартных отклонения от среднего значения данного показателя в группе молодых обследованных). Также отмечено, что большие различия между изучаемыми группами наблюдались при выполнении динамических постуральных проб по сравнению со статическими [11; 180].

Постуральный контроль основан на динамическом взаимодействии сенсомоторных процессов, которые включают в себя несколько компонентов: а) биодинамику (диапазон движения, силы, и предел устойчивости), б) сенсорный (интеграция и ответ), в) пространственная ориентация (восприятие, гравитация, поверхность), г) стратегические движения (реакция, ожидание и волевые движения) и д) когнитивная обработка (внимание и обучение) [103; 165; 168]. Процесс старения оказывает негативное влияние на постуральный контроль либо из-за специфической патологии, которая затрагивает определенный компонент

сенсорной, биодинамической и когнитивной обработки или в результате, связанного с возрастом, ухудшения работы механизмов сенсорного и биодинамического контроля в целом [166; 184; 214].

Старение вызывает дегенерацию многочисленных структур в костно-мышечной, сердечно-сосудистой и нервной системах. Эти структурные изменения влияют на функциональность различных систем, вынуждая организм проводить реорганизацию механизмов, которые управляют этой функциональностью, так, чтобы нарушения в двигательном поведении были минимальными [4; 47; 119; 189; 242].

Морфологические исследования продемонстрировали снижение с возрастом у человека плотности немиелинизированных волокон периферических нервов на 37%, а миелинизированного на 38 %. Дегенерация эфферентных путей очевидна в передней части большеберцовой кости: при оценке числа двигательных единиц у пожилых (66 лет) по сравнению с молодыми (27 лет) мужчинами снижение составило 39%, а у людей старческого возраста - еще 61% (82 года) по сравнению с молодыми мужчинами. Изометрическая мышечная сила не снижалась после 80 лет, вероятно, из-за побочной реиннервации мышечных волокон, увеличивая размер оставшихся двигательных единиц [116; 215].

Линейный регрессионный анализ данных группы из 3969 здоровых людей в возрасте от 20 до 95 лет показал, что возраст объясняет 3–9% дисперсии скорости нервной проводимости и 7–16% дисперсии амплитуды сенсорного и моторного ответа. Также чувство положения сустава в лодыжке ухудшается с возрастом примерно на 3% в год в возрасте от 20 до 80 лет, вероятно, вследствие дегенерации мышечных веретен. Чтобы создать более высокую изометрическую силу подошвенного сгибания, молодые люди подавляют пресинаптическое торможение, что усиливает возбуждающий афферентный эффект. Напротив, пожилые люди демонстрируют меньшую модуляцию пресинаптического торможения, несмотря на их способность модулировать силу [114; 116; 253]. В целом объем серого вещества

уменьшается с возрастом в достаточно широком диапазоне от 4 до 16% [183; 187].

Физиологические изменения, лежащие в основе этого истончения коры, еще не до конца поняты. Считается, что при здоровом старении снижение нейрональной сложности (размер нейронов, синаптическая плотность, пресинаптические окончания и т. д.). Старение также отрицательно влияет и количество белого вещества, хотя уменьшение его объема начинается позже, но происходит быстрее, чем уменьшение серого вещества. Плотность белого вещества линейно снижается с возрастом со скоростью около 2,5% за десятилетие. При этом наибольшее уменьшение белого вещества отмечается в мозолистом теле. Что в свою очередь приводит к замедлению выполнения двигательных актов, особенно в задачах межполушарной координации, таких как чередование постукивания пальцами. Кроме того, центральная скорость обработки, определяемая задачами выбора реакции, коррелирует с целостностью белого вещества у пожилых людей [77; 193; 236].

Продемонстрировано, что связь между уменьшенным объемом префронтальной области и замедлением ходьбы объясняется более медленной обработкой информации, количественно определяемой с помощью теста замещения символа цифры [169; 182].

Установлено, что снижение функции анализаторов являются крайне распространенной и серьезной проблемой для пожилых людей: у каждого шестого нарушено зрение; у каждого четвертого нарушен слух; каждый четвертый испытывает потерю чувствительности в ногах; и три из четырех отмечают ухудшение постурального баланса. Также следует отметить, что сенсорные нарушения увеличиваются с возрастом: зрение и нарушения слуха удваиваются, а потеря чувствительности в ступнях увеличивается на 40% у лиц в возрасте 80 лет и старше по сравнению с людьми в возрасте 70-79 лет [188; 190].

Экономическое и социальное неравенство еще больше обостряет данную проблему. У каждого пятого американца ниже порога бедности

зрение ухудшено: на 50% выше, по сравнению с более обеспеченными пожилыми людьми. Нарушение постурального баланса также распространены среди бедных [135].

Нарушение зрения является важной проблемой для здоровья и основной причиной травм у пожилых людей. Катаракта, глаукома, возрастная макулярная дегенерация и диабетическая ретинопатия являются наиболее распространенными заболеваниями, связанными с пожилыми людьми, и могут нарушать постуральный баланс. Катаракта, влияющая, главным образом, на остроту зрения и контрастную чувствительность, составляет около 50% нарушений зрения у пожилых людей [10; 11]. Последствия включают снижение способности выполнять повседневную деятельность (например, чтение, просмотр телевизора, вождение автомобиля и социальное общение), депрессию, увеличение числа падений и увеличение смертности [10; 12]. Воздействие на пациентов сравнимо с воздействием основных системных состояний, включая инсульт, диабет и артрит. В исследовании пациентов с катарактой был обнаружен и более высокий проприоцептивный вес по сравнению со здоровыми пожилыми участниками, что означает, что пожилые люди с катарактой больше полагаются на свою проприоцептивную информацию [7; 276; 284].

Очевидно, что при старении также происходит ухудшение функции вестибулярного анализатора, приводящее к ухудшению состояние постурального баланса у пожилых людей [52]. При этом изменения затрагивают оба отдела вестибулярного анализатора: периферический и центральный. Множеством исследований доказано, что возрастная дегенерация нейронов и волосковых клеток - два основных эффекта старения на периферическую вестибулярную систему; затрагивающих отолиты и полукруглые каналы. Также значимым фактором возрастной дисфункции вестибулярного анализатора является снижение интенсивности кровотока в сосудах внутреннего уха в результате утолщения их стенок из-за отложений коллагена. [106; 197]

Причиной возрастного снижения проприоцепции также являются изменения как центральной, так и периферической нервной системы [10; 114; 116; 211; 253]. Помимо периферических изменений, снижение проприоцептивной функции также считается результатом изменений в ЦНС. Например, в соответствии с исследованиями, проведенными у детей и молодежи сравнили три двигательные задачи 12 здоровым пожилым людям (средний возраст = 75 лет). Было обнаружено, что ошибки в позициях суставов систематически модулируются количеством необходимой для анализа проприоцептивной информации. Когда задачи включали только память или только межполушарную передачу проприоцептивной информации, никаких существенных различий в точности сопоставления не наблюдалось у пожилых людей. Напротив, более сложная контрлатеральная запоминаемая задача приводила к ошибкам, которые в среднем были на 2–38 % больше, чем в любом из двух менее сложных условий. Поскольку для выполнения этой задачи были необходимы как память, так и межполушарный перенос, был сделан вывод, что повышенные требования к проприоцептивной обработке значительно повлияли на оценку остроты зрения у пожилых людей. Снижение внимания может также способствовать снижению проприоцептивных способностей пожилых людей [23; 27].

Снижение зрительной и проприоцептивной чувствительности, ухудшение работы вестибулярной системы требуют большего внимания к поддержанию вертикальной устойчивости. Более того, процесс старения связан не только с динамикой движения, но и с дезориентацией когнитивных процессов. Таким образом, многие причины, снижения уровня постурального баланса связаны с тем, что существует повышенная необходимость сознательного внимания к поддержанию позы и равновесия, к успешному выполнению двигательного акта [110; 184; 191; 264].

ЦНС при старении также подвергается неблагоприятным структурным изменениям: снижается качество и количество кортикального серо-белого вещества [147; 208; 264]. Такие структурные изменения могут повлиять на

то, как мозг работает во время моторных задач разного рода, что приводит к функциональным изменениям. Структурные и функциональные изменения часто приводят к снижению двигательной активности, и, как следствие, снижению качества постурального баланса [141; 285].

Возрастные структурные изменения проявляются на разных уровнях нервной системы участвующих в постуральном контроле (спинальном, подкорковом и кортикальном) [269].

Подкорковые структуры, такие как базальные ганглии, мозжечок и ствол мозга, важны для постурального контроля [138; 280]. Так, например, с возрастом снижается целостность и сохранность белого вещества, объем серого вещества, стриарная дофаминергическая активность способствуют развитию постуральной нестабильности у людей пожилого возраста [105; 124; 221; 239]. Однако мнения исследователей о функциональных изменениях подкоркового контроля системы постурального контроля неоднозначны. Так, при стимуляции мышц стопы, у пожилых людей зафиксирована меньшая активность в скорлупе при сравнении с людьми более молодого возраста [153; 205]. Более того, меньшая активность в скорлупе и бледном шаре (была связана с большей амплитудой отклонения тела при стоянии с закрытыми глазами [272]. Однако, в других работах не выявлено различий в активации подкорковых структур во время тестов для оценки постурального баланса у людей пожилого и молодого возраста [287].

Существует возрастная реорганизация и коркового контроля над поддержанием постурального баланса. Она отражается в различных паттернах увеличения активации мозга, повышении кортикоспинальной возбудимости и уменьшении торможения коры. Известно, что, возраст не влияет на способность модулировать внутрикорковое торможение в зависимости от сложности двигательных задач. Однако, для пожилых людей характерен более низкий порог снижения внутрикоркового торможения, и некоторые задачи могут показаться более затруднительными для выполнения [235; 274]. Исследования ЭЭГ показали, что кортикальная активность,

связанная с постуральными ответами на внешнее раздражение, также различна у людей пожилого и более молодого возраста. Кортикальные реакции задерживаются, и процессы подготовки к движению требуют большего количества повторений для развития [101; 102; 221; 226; 227; 241].

В литературных источниках встречаются разногласия и относительно половозрастных особенностей постурального баланса. Так, например, по результатам исследования постурального баланса и социальной независимости пожилых людей в зависимости от пола и возраста определено, отсутствие значимых различий в показателях постурального баланса в зависимости от пола. По их мнению, с возрастом происходит ухудшение постурального баланса и увеличивается риск развития синдрома падений, которые можно объяснить уменьшением когнитивной функции, снижением качества функционирования сенсорных систем, двигательных реакций и ухудшением интеграции систем, ответственных за систему поддержания равновесия [203; 217].

Однако эти результаты противоречат данным других зарубежных исследователей. Согласно их результатам, женщины демонстрируют более слабые показатели постурального баланса, чем мужчины [213; 226]. В литературе так же указывается, что женщины подвергнуты риску снижения социальной независимости в два раза выше, чем мужчины [29; 241]. Женщины имеют более длительный срок ожидаемой продолжительности жизни, чем мужчины, тем самым увеличивая риск развития хронических заболеваний, которые могут привести к инвалидности. Кроме того, женщины более склонны сообщать о функциональных трудностях, чем мужчины [119].

Процесс старения часто определяется и характеризуется прогрессивным и необратимым изменением биологических, морфологических и функциональных параметров, которые часто приводят к снижению физических возможностей [207]. Хотя физические изменения более заметным в человеческом теле с течением времени, старение

организма оказывает негативное воздействие и на психические процессы [117; 209; 219].

Степень снижения физических и психологических показателей отрицательно влияет на способность выполнять простые или более сложные виды повседневной жизни. Известно, что активный образ жизни посредством регулярных упражнений имеет важное значение для поддержания хороших уровней функциональных систем, таким образом продлевая социальную независимость и автономность у пожилых людей, и повышая уровень качества жизни [161; 195; 257].

Анализ литературных источников позволяет сделать вывод, что нарушения ходьбы и равновесия довольно сильно распространены в пожилом возрасте и представляют собой комплексную проблему, являющуюся результатом сочетанного проявления как естественных инволютивных процессов, так и проявлением различных патологических процессов. Однако выявление у отдельно взятого пожилого человека относительного вклада последствий старения и патологии остается достаточно сложной задачей. В следствие чего поиск наиболее информативных методик оценки состояния постурального баланса является актуальной фундаментальной и практической задачей.

1.3 Постуральный баланс при различных нарушениях

По мере увеличения хронологического возраста организм человека переживает период трансформаций, которые приводят к ухудшению некоторых физических способностей, таких как снижение гибкости, ловкости, координации, подвижности суставов и, главным образом, баланса. Учитывая крайне высокую распространенность нарушений постурального баланса в пожилом возрасте изучение данной проблемы продолжает оставаться актуальным. При этом первостепенной задачей стоит разграничение физиологических изменений в организме человека,

являющихся результатом «нормального» физиологического старения с последствиями развития различного рода патологических состояний [5; 59; 73; 81].

На характер ходьбы человека сильно влияют возраст, личность и настроение. Кроме того, социокультурные факторы играют роль: например, люди, живущие в крупных городах, ходят значительно быстрее, чем жители сельской местности [1]. Распространенность нарушений ходьбы и равновесия заметно возрастает с возрастом, примерно с 10% в возрасте от 60 до 69 лет до более 60% в возрасте старше 80 лет [2]. Нарушения ходьбы могут сильно повлиять на качество жизни [2; 136; 222] и ограничить личную независимость пострадавших. Кроме того, проблемы с равновесием и ходьбой могут быть предвестниками падений, которые являются наиболее частой причиной тяжелых травм у пожилых людей [3; 202; 247]. Ходьба является чувствительным показателем общего состояния здоровья, а выбранная им скорость ходьбы тесно связана с ожидаемой продолжительностью жизни у пожилых людей [4]. Важно отметить, что медленная ходьба у пожилых людей без сумасшествия более тесно связана с будущим появлением деменции, чем с субъективными когнитивными нарушениями [5; 6; 163]. Тем не менее, нарушения ходьбы и падения в значительной степени не диагностированы и часто получают неадекватную оценку [5; 7; 16; 220].

Причины нарушений ходьбы включают неврологические состояния (например, сенсорные или двигательные нарушения), ортопедические проблемы (например, остеоартрит и деформации скелета) и медицинские состояния (например, сердечная недостаточность, дыхательная недостаточность, окклюзия периферических артерий и ожирение). В пожилом возрасте нарушения ходьбы обычно имеют несколько причин, которые могут включать нарушение проприоцептивной функции при полиневропатии, плохое зрение, нарушения во фронтальной плоскости при ходьбе, связанное с сосудистой энцефалопатией, и остеоартрит бедер или

коленей. Если расстройство ходьбы имеет острое начало, следует учитывать цереброваскулярные, спинальные и нервно-мышечные причины, а также побочные эффекты лекарств и психические расстройства. Возможные медицинские причины включают кардиореспираторные или метаболические нарушения и инфекции [8; 157; 275].

Возможно, самым печально известным следствием является падение, которое часто вызывается основной проблемой ходьбы. Травмы, вызванные случайными падениями, варьируются от относительно невинных синяков до серьезных переломов или травм головы. Другим важным следствием является снижение мобильности, что приводит к потере независимости. Эта неподвижность часто усугубляется страхом падения, что еще больше обездвиживает пациентов и влияет на их качество жизни. Важно, что нарушения ходьбы также являются маркером будущего развития сердечно-сосудистых заболеваний и деменции. (4–6) Эти ассоциации предполагают, что нарушения ходьбы - даже когда они присутствуют в изоляции - могут отражать раннее, доклиническое, основное цереброваскулярное или нейродегенеративное заболевание. Наконец, нарушения ходьбы связаны с уменьшением выживаемости, что может быть связано с сочетанием падений со смертельным исходом, снижением сердечно-сосудистой системы и смерти от основного заболевания. (7–9). У пожилых пациентов регулярно возникают сложные нарушения ходьбы с одновременным воздействием множественных причинных факторов [10; 75; 79; 143; 157].

В настоящее время под падением понимается внезапное, непроизвольное перемещение тела вниз к поверхности опоры. Падения вносят значительный вклад в заболеваемость, ограничение подвижности и смертность среди пожилых людей: поэтому падения в данной возрастной группе населения рассматриваются в качестве одной из основных проблем общественного здравоохранения. Серьезными последствиями падений являются повышенный риск госпитализации и институционализации с продолжительными периодами выздоровления, что приводит к увеличению

расходов на здравоохранение. Падения являются результатом взаимодействия нескольких и различных факторов риска и ситуации. Это взаимодействие зависит от возраста, состояния здоровья человека и окружающей его среды [26; 91; 151].

По различным оценкам, порядка 33% людей старше 65 лет отмечают ситуации падения, причем 50% субъектов падают более одного раза в год. Показатели также зависят от окружающей обстановки: падения дома встречаются с частотой 0,3–1,6 на человека в год; в домах престарелых от 0,6 до 3,6 / койка / год; в стационарах 1–4 / чел / койка / год. Падения являются наиболее распространенной причиной травматических повреждений и основной причиной смерти, вызванной травмами, у людей старше 65 лет. Смертность, связанная с падениями, зависит от возраста, увеличиваясь с 50/100000 в 65 лет и достигая 150 и 5252 / 100 000 соответственно до 75 и 85 лет. Непреднамеренные травмы являются пятой причиной смерти у пожилых людей (после сердечно-сосудистых заболеваний, рака, инсульта и легочных расстройств), и падения определяют две трети этих смертей. Около трех четвертей смертей в результате падений приходится на 13% населения в возрасте ≥ 65 лет. Около 40% данной группы будут падать, по крайней мере, один раз в год, и около 1 из 40 из них будут госпитализированы. Только около половины госпитализированных будут живы год спустя. Наиболее частыми осложнениями падений являются переломы переломов бедра (2% случаев), переломы плечевой кости, запястья и таза (5%), травмы головы, внутричерепные гематомы и повреждения внутренних органов (10%) [36; 49; 50; 275].

На этиологическом уровне причины падений можно различить в условиях внутренней предрасположенности (в зависимости от субъекта) и в условиях внешней предрасположенности (в зависимости от окружающей среды) [28; 66; 243; 244]. Внутренние причины можно разделить на возрастные физиологические изменения и патологические предрасполагающие условия. Среди возрастных физиологических изменений

можно выделить изменения зрения (снижение остроты зрения, особенно в ночное время; снижение способности приспособляться; пресбиопия; дефицит различительной способности к цветам; пониженная толерантность к яркому свету); изменения слуха (снижение способности различать звуки на разных частотах и расстояниях; снижение способности различать отдельные голоса в разговоре; снижение восприятия чистых тонов); изменения в ЦНС (недостаточная тактильная чувствительность, вибрационная чувствительность, термическая чувствительность; увеличение постурального влияния с нестабильностью; изменения в интеграции сенсорных входов и моторных реакций, вызывающие увеличение времени реакции; вестибулярный дефицит); изменения в костно-мышечной системе (саркопения; снижение мышечной силы, в основном с участием антигравитационных мышц; уменьшение объема движений). Патологические состояния, которые предрасполагают к падению, могут быть неврологическими (инсульт и его последствия; транзиторные ишемические атаки; паркинсонизм; деменция; эпилепсия; синдром гиперчувствительности каротидного синуса), сердечно-сосудистыми (инфаркт миокарда; ортостатическая гипотензия; аритмии); эндокринными \ метаболитическими (гипотиреоз, гипогликемия, анемия), желудочно-кишечными (кровотечение, понос, после приема пищи обмороков), костно-мышечными (дегенеративные артропатии, миопатия), психиатрическими (депрессия, тревога). Чрезвычайно важным в этом контексте являются падения из-за ятрогенных причин: потребление 4 или более лекарств (в частности, гипотензивных средств, диуретиков, бензодиазепинов, антидепрессантов). Дополнительный фактор риска представлен психологическими изменениями, связанными с падением: страх падения и синдром тревоги после падения, приводят к потере уверенности в себе и функциональных ограничений у пожилых проживающих как дома, так и в домах престарелых. Боязнь падения зачастую считается независимым фактором риска. Внешними причинами падения являются такие факторы окружающей среды, как препятствия, неадекватное

окружающее освещение, неадекватная обувь и одежда, неровные или скользкие полы, наличие ступеней, отсутствие поручней, неадекватная высота кроватей, неадекватные стулья, неадекватная ванная комната, незнакомая обстановка. Люди с по крайней мере 4 из этих факторов риска имеют на 69% больше шансов достичь падения, чем население в целом [56; 69; 100; 210].

Избыточная МТ также значительно изменяет способ движения тела в пространстве и вызывает изменения в антропометрических показателях. Избыток МТ препятствует взаимодействию суставов и мышц, которые имеют решающее значение для функциональной способности и постурального баланса [25; 65; 106; 245].

Ходьба является довольно простой задачей для здорового человека, однако она определяется множеством характеристик. Определяющие компоненты включают в себя длину и ширину шага, частоту шагов, фазы опоры, переноса конечности и двухопорную. Обычные измерения включают также биомеханику суставов нижних конечностей: углы суставов, силы реакции опоры, а также крутящий момент и мощность. В течение первой половины фазы переноса конечности, инерционная нагрузка положительна и голень выпрямлена. Примерно 80% от момента, необходимого для приведения в движение голень является результатом поступательного торможения коленного сустава и гравитационных сил. Поступательное торможение коленного сустава является результатом экстензорного замедления в бедре. Инерционные нагрузки меняются местами во второй половине фазы качания и замедляют движение голени. Пассивный поток энергии от стопы и голени до бедра и туловища отвечает за окончательное замедление движения [35; 109; 231; 281].

Выяснено, что распределение МТ варьировалось в выборке у людей пожилого и старческого возраста в зависимости от пола. Так, мужчины с нормальной МТ имели большую массу туловища и верхних конечностей по сравнению с женщинами [123]. А пожилые люди с избыточной МТ показали

значимо большую массу сегмента туловища независимо от пола. Это еще раз указывает на увеличение количества жира в брюшной полости и коррелирует с более высоким ИМТ [170; 174; 237]. Склонность к повышению количества жира в брюшной полости способствует смещению ОЦМ вперед, что, в свою очередь, увеличивает величину голеностопного крутящего момента, необходимого для стабилизации тела в выпрямленном положении [102; 129].

Диапазон движения также является важным аспектом функционального состояния. Движения в туловище и нижних конечностях могут влиять на способность сохранять и восстанавливать равновесие, особенно когда амплитуда возмущений возрастает [282]. Это особенно актуально при избытке МТ, так как восстановление от возмущений большой амплитуды может представлять наиболее сложную задачу для сохранения баланса [206; 212; 216; 260].

Определено снижение способности к наклонам вперед в грудном и поясничном отделе позвоночника при сидении и стоянии у взрослых, страдающих избыточной МТ. Авторы предположили, что диапазон движений был ограничен из-за снижения стабильности. Увеличение жировой ткани в области живота может также создать физический барьер для полного диапазона движений. С увеличением МТ сокращается угловое смещение в грудном сегменте и диапазон движений в грудном и поясничном отделе позвоночника [113]. Те же ограничения подвижности при сгибании в грудном отделе позвоночника при выполнении тестов на «Вставание из положения сидя» [104; 240; 255].

Нарушения постурального баланса достаточно распространены у лиц с избыточной МТ. В результате ограниченного диапазона движений и модифицированного распределения массы, появляются хронические постуральные адаптации, которые угрожают функциональным возможностям организма и приводят к боли в спине и сокращению повседневной активности человека [168; 239]. Установлено, что 100% страдающих избыточной МТ испытуемых имеют ухудшение показателей постурального

баланса. К их числу относятся угловые отклонения в любом направлении между осью тела и суставов [130; 141].

Пример постуральной модификации рассматривается в стратегии, используемой лицами с избыточной МТ при вставании. Тучные люди показывают более высокий крутящий момент коленного сустава по сравнению с тазобедренным суставом, в то время как это происходит в обратном направлении у лиц с нормальной МТ [104; 252]. Лица с нормальной МТ переносят вес тела значительно вперед для того, чтобы избежать высокого крутящего момента на коленном суставе и придерживаются этой стратегии несмотря на наличие усталости с течением времени. Люди с избыточной МТ могут избегать такой стратегии как для предотвращения крутящего момента в позвоночнике (т.к. это может усилить боль в спине), так и в результате ограниченной способности сгибать туловище и меняют ее только в случае наступления утомления [141; 145].

В результате биомеханических адаптаций к избыточной МТ, многие параметры ходьбы изменяются, к ним относятся: снижение скорости, частоты вращения суставов, длина и ширина шага, а также увеличение площади базы поддержки. Изменения в ходьбе приводят к функциональным нарушениям, плохой координации мышц и снижению показателей силы, а также снижению сопротивляемости усталости [141]. При оценке нарушений ходьбы для прогнозирования дефицита мобильности у взрослых было установлено, что эти нарушения более распространены у взрослых с большей окружностью талии [88]. Адаптационные изменения ходьбы могут возникнуть из-за необходимости улучшить постуральную стабильность и уменьшить влияние сил реакции опоры, которые способствуют развитию остеоартрита и боли [254; 263].

Обнаружено, что пик вертикальной силы реакции опоры был на 60%, ширина шага на 30% выше у людей с избыточной МТ, по сравнению с лицами с нормальной МТ, что является фактором адаптации и способствует увеличению боковой устойчивости [111; 112]. Вращение в тазобедренном,

коленном и голеностопном суставах также отличается у лиц с избыточной МТ, по сравнению с лицами нормальной МТ, даже при самостоятельном выборе скорости ходьбы [136; 137].

Установлено, что углы отведения тазобедренного сустава значительно изменяются в различных точках цикла ходьбы, тогда как сгибание голеностопного сустава значительно выше, у лиц с избыточной МТ, по сравнению с лицами нормальной МТ. Авторы предполагают, что это может быть адаптацией к физическому препятствию для нормального движения, создаваемого избытком жировой ткани [142; 143].

Ширина шага у лиц с избыточной МТ примерно на 30% выше, чем у лиц с нормальной МТ, что в целом согласуется с выводами других исследователей [112]. Согласно исследованиям, лица с избыточной МТ затрачивают больше времени на фазы опоры и двухопорную, и тратят меньше времени на фазу переноса конечности. Отдельные исследования показали, что у тучных людей длина шага на 7% короче, частота шага на 11% ниже и скорость движения на 16% медленнее, чем у людей с нормальным весом. При ходьбе люди с избыточной МТ имели на 3% короче фазу переноса конечности и на 2% большую фазу опоры [133; 251; 267].

Приведенный обзор дает современное представление о проблеме поструральной нестабильности и факторах риска падений у лиц пожилого возраста. Увеличение продолжительности жизни у лиц старших возрастов и улучшение ее качества представляется возможным через своевременную оценку факторов риска падений и их профилактику.

Таким образом, мы можем заключить, что поструральный баланс направлен на сохранение или восстановление ОЦМ в пределах базы поддержки ее опоры при статическом и динамическом положениях. Для поддержания нормального пострурального баланса важной является афферентная активность вестибулярной, зрительной, соматосенсорной и некоторых других систем, а также опорно-двигательного аппарата при общем контроле ЦНС, которые объединены понятием «постуральная система

управления». Нарушения ходьбы и равновесия довольно сильно распространены в пожилом возрасте, однако вопрос роли патологических процессов в развитии расстройства статики и локомоции остается недостаточно изученным.

Высокая частота падений у женщин пожилого возраста диктует необходимость оптимизации подходов к ранней диагностике и коррекции синдрома падений. Кроме того, объективные и субъективные симптомы данного синдрома не всегда имеют четкую клиническую картину и поэтому могут остаться незамеченными в виду различных факторов. В связи с этим к настоящему моменту назрела необходимость более глубокого понимания нейрофизиологических механизмов, лежащих в основе нарушений функции равновесия при старении и совершенствования доклинической диагностики исходного функционального состояния постурального контроля пожилых людей. Избыток и дефицит МТ также значительно изменяют способ движения тела в пространстве и вызывают изменения в антропометрических показателях. Избыток МТ препятствует взаимодействию суставов и мышц, которые имеют решающее значение для функциональной способности и постуральном балансе. Нарушения постурального баланса у пожилых людей признаются серьезной проблемой, связанной с возрастными изменениями и требуют более тщательного изучения [88; 105; 111; 129; 148].

ГЛАВА 2 ОРГАНИЗАЦИЯ, ОБЪЕМ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1. Организация исследования

В исследовании принимали участие 297 женщин 55 – 74 лет, проживающие в городе Архангельске и Архангельской области. Все исследования проводились в одно и то же время суток, в первой половине дня, в отдельном помещении, с исключением разного рода помех, в т.ч. звуковых и визуальных, при максимальном физическом и психологическом покое испытуемых. Исследование проводилось у женщин пожилого возраста 60-74 лет, результаты группы 55-59 лет были приняты как контрольные.

В исследовании принимали участие женщины, предварительно получившие консультацию у терапевта, невролога. Критериями исключения явилось наличие в анамнезе инсультов, деменции, черепно-мозговых травм, нейродегенеративных заболеваний, протезирования суставов и конечностей, нарушений ритма сердца, тяжелых патологий зрения и ОДА, тяжелых и хронических заболеваний в период обострения, сахарного диабета, нахождение на учете в психоневрологических диспансерах, а также нарушения методики проведения тестов, связанные с невозможностью обследуемого завершить его выполнение самостоятельно. Все исследуемые не были профессиональными спортсменками и занимались физической культурой и спортом на нерегулярной основе. Также в критерии исключения входили профессии, связанные с высокими требованиями к постуральному балансу. На момент исследования все женщины были мобильны и могли передвигаться без дополнительных средств опоры. Все исследования проводились при письменном информированном согласии испытуемых.

2.2 Методы исследования

На первом этапе исследования проводилась оценка и анализ

возрастных изменений показателей динамического компонента пострурального баланса у женщин 55-74 лет. Было сформировано 4 группы в зависимости от возраста испытуемых: 1 группа – 55-59 лет ($n=74$), средний возраст - $57,00 \pm 1,45$ лет; 2 группа – 60-64 года ($n=72$), средний возраст - $61,90 \pm 1,27$ лет; 3 группа – 65-69 лет ($n=75$) средний возраст - $66,61 \pm 1,19$ лет; 4 группа – 70-74 года ($n=76$), средний возраст - $72,00 \pm 1,52$ года. Группы были подобраны таким образом, что, согласно среднему возрасту, между ними наблюдались статистически значимые различия ($p < 0,001$). Для обследованных женщин также было характерно значимое снижение длины тела (ДТ) ($p=0,048$) и МТ ($p=0,035$) с возрастом. При этом наибольшая интенсивность данных процессов характерна для возрастных групп 65-69 и 70-74 года. Перед проведением стабилметрического исследования, для уточнения особенностей пострурального баланса женщин 55-74 лет проводился тест сенсорной организации (Sensory Organization Test) компьютерного стабилметрического комплекса «Balance Manager», который объективно определяет нарушения в работе трех сенсорных систем исследуемого, отвечающих за поструральный баланс: соматосенсорной (Som), зрительной (Vis) и вестибулярной (Vest). Группы были сформированы таким образом, что статистически значимые различия в исследуемых возрастных группах отсутствовали по всем трем показателям (Som: $p_{1-2}=0,215$; $p_{2-3}=0,261$; $p_{3-4}=0,097$; Vis: $p_{1-2}=0,086$; $p_{2-3}=0,148$; $p_{3-4}=0,520$; Vest: $p_{1-2}=0,167$; $p_{2-3}=0,328$; $p_{3-4}=0,162$).

На втором этапе исследования были проведены оценка и анализ показателей динамического компонента пострурального баланса у женщин 60-74 лет с поструральной нестабильностью. Формирование выборки, общей численностью 185 человек, осуществлялось на основании опроса респондентов о наличии падений в течение года. В группу сравнения («С падениями») отнесены женщины, которые испытали 2 и более падений в течение года ($n=88$ человек), а в группу контроля («Без падений») ($n=97$ человек) вошли женщины, не испытавшие ни одного падения за тот же

промежуток времени. Средний возраст в группе сравнения составил $64,97 \pm 1,23$ года, а в группе контроля $66,03 \pm 0,84$ года. Между показателями календарного возраста, ДТ, МТ и ИМТ статистически значимые различия отсутствовали ($p_1=0,390$; $p_2=0,920$; $p_3=0,772$; $p_4=0,984$, соответственно). Статистически значимые различия в исследуемых группах отсутствовали по всем трем показателям (Som: $p=0,077$; Vis: $p=0,199$; Vest: $p=0,241$).

На третьем этапе было проведено исследование динамического компонента постурального баланса при избыточной, нормальной и недостаточной МТ. Производилось измерение ДТ и МТ, расчет ИМТ. Измерение ДТ и МТ проводилось с помощью электронного поверенного ростомера по стандартной методике. Обследуемый вставал на платформу спиной к вертикальной стойке, касаясь ее пятками, ягодицами, межлопаточной областью, затылком. Голова находилась в таком положении, в котором нижний край глазницы и верхний край козелка уха были в одной плоскости - горизонтальной. Скользящая планка ростомера опускается до соприкосновения с верхушечной точкой головы [45].

Расчет ИМТ производился по формуле: $МТ \text{ (кг)} / ДТ^2 \text{ (м)}$. Известно, что при оценке ИМТ наиболее распространенной является классификация ВОЗ: 16,0-18,5 - недостаточная (дефицит) МТ; 18,5-24,9 – нормальная МТ; $\geq 25,0$ — избыточная МТ; $\geq 30,0$ — ожирение. Однако в связи с тем, что субъектом нашего исследования являлись лица пожилого возраста, мы использовали классификацию Комитета по питанию и здоровью (США, 1989): $\leq 22,9$ – дефицит МТ; 23,0-29,0 – нормальная МТ; $\geq 29,0$ – избыток МТ. В работе Blaszczyk W. с соавт. показано, что данная классификация является наиболее информативной при оценке ИМТ у лиц данной возрастной группы [106]. Для групп с дефицитом, нормой и избытком МТ были характерны статистически значимые различия между показателями МТ ($p < 0,001$) и ИМТ ($p < 0,001$). В показателях ДТ и средний календарный возраст статистически значимые различия отсутствовали ($p=0,524$; $p=0,156$, соответственно). Также отсутствовали статистически значимые различия по тесту сенсорной

организации (Som: $p_{1-2}=0,184$; $p_{2-3}=0,096$; Vis: $p_{1-2}=0,086$; $p_{2-3}=0,148$; Vest: $p_{1-2}=0,167$; $p_{2-3}=0,328$).

Измерение ДТ и МТ проводилось с помощью электронного поверенного ростомера по стандартной методике. Расчет ИМТ производился по формуле: $МТ (кг) / ДТ^2 (м)$. Выборка ($n=122$ человек) была разделена на 3 группы в зависимости от ИМТ: 1) Дефицит МТ ($n=38$ человек); 2) Нормальная МТ ($n=41$ человек); 3) Избыток МТ ($n=43$ человека).

Стабилометрия – это метод количественного, пространственного и временного анализа устойчивости вертикальной позы, предложенный в 1951 году Е.Б. Бабским с соавт. Они сконструировали прибор и разработали методику стабิโลграфии. Ранее этот метод, в связи с регистрацией на самописцах, назывался стабילוграфией. Однако с развитием современных информационных технологий появилась возможность широкого использования перспективного метода на ее основе, так, как только в таком варианте было снято основное препятствие по обработке сложных сигналов, и метод стал именоваться компьютерной стабилометрией.

Компьютерная стабилометрия (КС) позволяет осуществлять количественную оценку сенсорных и моторных компонентов контроля поддержания позы и их взаимодействия с ЦНС и представляет собой метод, позволяющий производить объективную регистрацию колебаний ОЦМ находящегося на стабильной платформе человека, которые фиксируются датчиками как перемещение ОЦМ испытуемого. Положение проекции ЦТ, характеристика колебаний: их амплитуда, частота, направление, а также среднее положение в проекции на плоскость опоры — являются чувствительными параметрами, отражающими состояние различных систем, включенных в процесс поддержание баланса [14; 109; 166; 218; 281].

Перед началом исследования на компьютерном стабилометрическом комплексе «Balance Master» (Рисунок 1) всем женщинам были объяснены и продемонстрированы видеоролики с правильным выполнением проводимых тестов: «Вставание из положения сидя», «Простая ходьба», «Тандемная

ходьба», «Быстрый разворот», «Шаг/перешагивание». Обследуемые выполняли каждую пробу по 3 раза, в качестве результата фиксировалось среднее арифметическое значение.



Рисунок 1 - Компьютерный стабилметрический комплекс «Balance Master»

- «Вставание из положения сидя» (Sit to stand)

Данный тест дает количественную оценку ряда характеристик движения («Время перемещения веса», «Индекс подъема» и «Скорость колебания ЦТ») при вставании из положения сидя.

«Время перемещение веса» (Weight Transfer) – количество времени между сигналом к началу движения и перемещением ЦТ в точку над стопами, выраженное в секундах.

«Индекс подъема» (Rising Index) – количество силы, требуемое для выпрямления ног во время фазы подъема, выраженное в процентах от МТ.

«Скорость колебания ЦТ» (COG Sway Velocity) – количество колебаний ЦТ во время подъема и в течение первых пяти секунд после него, выраженное в градусах в секунду.

- «Простая ходьба» (Walk Across)

- «Тандемная ходьба» (Tandem Walk)

Предложенный тест характеризует качество сложно-координационных актов на примере тандемной ходьбы по показателям ширины шага, скорости движения и конечного колебания. При его выполнении обследуемый должен пройти по центральной линии, до конца платформы максимально близко приставляя пятку впередистоящей ноги к носку сзади-стоящей ноги.

«Ширина шага» (Step Width) – среднее латеральное расстояние между шагами, выраженное в сантиметрах. Вычисляется путем сложения расстояния в сантиметрах между шагами с последующим делением на количество шагов.

«Скорость» (Speed) – скорость перемещения вперед, выраженная в сантиметрах в секунду.

«Конечное колебание» (End Sway) – средняя скорость колебаний в сагиттальном направлении в течение первых пяти секунд после прекращения движения вперед, выраженное в градусах в секунду.

- «Быстрый разворот» (Step/Quick Turn)

Данное исследование позволяет провести анализ эффективности выполнения сложного двигательного акта, состоящего из двух шагов вперед, максимально быстрого разворота кругом (на 180°) и шага в исходное положение. Измеряемыми в данном тесте параметрами являются время разворота и колебание ЦТ при развороте.

«Время разворота» (Turn Time) – количество времени, затрачиваемое для того, чтобы выполнить разворот на 180° , выраженное в секундах. Отсчет начинается после остановки перемещения ЦТ вперед и заканчивается при начале движения ЦТ в обратном направлении.

«Колебание ЦТ при развороте» (Turn Sway) – расстояние, которое проходит ЦТ (длина пути) во время разворота, выраженное в градусах в секунду. Отсчет начинается при остановке движения ЦТ вперед и заканчивается при начале движения ЦТ в обратном направлении. Расчет

вышеуказанных показателей теста проводится при развороте для правой и левой стороны, в зависимости от ноги с которой выполняется первый шаг.

- «Шаг / перешагивание» (Step Up/Over)

Данное исследование позволяет оценить характеристики сложного двигательного акта, при выполнении обследуемым перешагивания через барьер высотой 20 см. При этом, стоя перед препятствием, обследуемый должен одной ногой встать на него, затем перенести ЦТ, и второй ногой переступить через препятствие и встать двумя ногами на платформу. Измеряемыми параметрами явились: «Индекс подъема», «Время движения» и «Индекс касания».

«Индекс подъема» (Lift-Up Index) – усилие при подъеме, максимальная сила, затрачиваемая шагающей ногой, выраженная в процентах от МТ.

«Время движения» (Movement Time) – количество времени, затрачиваемое для завершения перешагивания, выраженное в секундах. Отсчет начинается с начальным смещением ЦТ на не шагающую (поддерживающую) ногу и заканчивается при достижении этой ногой поверхности платформы.

«Индекс касания» (Impact Index) – усилие при перешагивании, значение максимальной силы, передающейся на последующую ногу до того, как она достигнет поверхности платформы, выраженное в процентах от МТ. Расчет вышеуказанных показателей теста проводится при перешагивании с правой и левой ноги [56].

Статистическая обработка данных проводилась с помощью компьютерной программы «SPSS 23.0». Проверка нормальности распределения измеренных переменных проводилась с помощью критерия Шапиро-Уилка. В случае, когда распределение данных соответствовало нормальному применялся критерий Т-Стьюдента для независимых выборок, данные представлены в виде среднего (M) и стандартного отклонения (SD). Когда распределение данных отличалось от нормального использовался

критерий Краскела-Уоллиса, для попарных сравнений - критерий U Манна-Уитни для двух выборок, данные представлены в виде медианы (Me), первого (Q1) и третьего (Q3) квантилей. Пороговый уровень статистической значимости принимался при значении критерия $p \leq 0,05$. Для выявления взаимосвязей и уточнения их структуры между изучаемыми параметрами применялся корреляционный анализ с расчетом коэффициентов корреляции Спирмана. Для построения факторных моделей показателей постурального баланса было использовано ортогональное вращение по методу Варимакс с учетом преобразования Бокса-Кокса. Нижнюю границу коэффициента значимости для переменных принимали равной 0,6. Измерялась мера выборочной адекватности Кайзера-Мейера-Олкина, которая позволила судить об адекватности выборок.

В таблице 1 представлены объем, методы исследований и краткая характеристика обследованных групп (Таблица 1).

Таблица 1 - Объем и методы исследований

№	Наименование работы	Методы исследований и показатели	Характеристика обследованных групп
1	Оценка возрастных изменений динамического компонента постурального баланса при старении	Компьютерная стабилметрия	Всего обследовано 297 женщин 55-74 лет. 1 группа – 55-59 лет (n=74); 2 группа – 60-64 года (n=72); 3 группа – 65-69 лет (n=75); 4 группа – 70-74 года (n=76);
2	Исследование постурального баланса при синдроме падений	Анкетирование о наличие падений в течение года, компьютерная стабилметрия	Всего обследовано 185 женщин 60-74 лет. 1 группа – «Без падений» (n=97); 2 группа – «С падениями» (n=88);
3	Сравнительная оценка параметров постурального	Измерение МТ и ДТ, расчет ИМТ, компьютерная стабилметрия	Всего обследовано 122 женщины 60-74 лет. 1 группа – дефицит МТ (n=38); 2 группа – нормальная МТ (n=41);

	баланса при различной МТ		3 группа – избыточная МТ (n=43);
--	--------------------------	--	----------------------------------

Таким образом, за весь период наблюдений обследовано 297 женщин 55-74 лет. Было проведено 2376 различных исследований. Записано и проанализировано 1485 стабิโลграмм.

ГЛАВА 3 РЕЗУЛЬТАТЫ СОБСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

3.1. Возрастные изменения динамического компонента пострального баланса у женщин 55-74 лет

Система равновесия обладает высокой надежностью и прочностью, однако при ряде заболеваний и в процессе старения различные компоненты подвергаются изменениям, значительно снижающим эффективность ее работы. Постуральный контроль обеспечивается информацией, получаемой из нескольких сенсорных входов, что позволяет через ЦНС управлять тонусом мышц и балансом тела [13; 56; 148].

Анализ результатов теста «Вставание из положения сидя» свидетельствует об отсутствии выраженных изменений нейрофизиологических механизмов, обеспечивающих удержание вертикальной позы при вставании у обследованных женщин при старении (Таблица 2), поскольку статистически значимые различия в исследуемых группах отсутствовали во всех исследуемых показателях: «Время перемещения веса», «Индекс подъема» и «Скорость колебания ЦТ»

При оценке результатов теста «Простая ходьба» установлено статистически значимое снижение показателей «Длина шага» и «Скорость ходьбы» у обследованных женщин. Так у женщин 70-74 лет «Длина шага» оказалась значимо ниже по сравнению с другими возрастными группами: 55-59 лет ($p < 0,001$), 60-64 лет ($p < 0,001$) и 65-69 лет ($p < 0,001$). Аналогичная тенденция отмечена у женщин 65-69 лет при сравнении с женщинами 55-59 лет и 60-64 лет ($p = 0,008$ и $p < 0,001$, соответственно). В процентном соотношении, «Длина шага» в возрастных группах снизилась на 1,1%, 5,26%, 15,0% соответственно. «Скорость ходьбы» была значимо ниже в группах 65-69 лет ($p < 0,001$) и 70-74 лет ($p < 0,001$) при сравнении с женщинами 55-59 лет, а также в группе 70-74 при сравнении с женщинами 60-64 лет ($p < 0,001$).

Таблица 2 - Возрастная динамика показателей постурального баланса у женщин 55-74 лет, Me(Q₁-Q₃)

Показатель теста		Возрастная группа				p	p 1-2	p 1-3	p 1-4	p 2-3	p 2-4	p 3-4
		55-59 (1) n=74	60-64 (2) n=72	65-69 (3) n=75	70-74 (4) n=76							
«Вставание из положения сидя»	«Время перемещения веса»	0,46 (0,33-0,53)	0,46 (0,35-0,60)	0,47 (0,39-0,55)	0,49 (0,40-0,59)	0,181						
	«Индекс подъема»	18,00 (14,75-20,00)	18,00 (14,00-20,00)	17,44 (14,00-19,00)	16,00 (12,00-18,50)	0,110						
	«Скорость колебания ЦТ»	3,49 (3,10-4,12)	3,40 (2,77-4,17)	3,79 (3,20-4,23)	3,62 (3,10-4,02)	0,149						
«Простая ходьба»	«Ширина шага»	12,80 (11,22-14,55)	12,92 (10,57-14,42)	13,66 (12,40-15,50)	12,94 (11,62-15,20)	0,108						
	«Длина шага»	60,82 (55,15-63,42)	60,15 (55,65-63,63)	57,62 (53,20-61,10)	51,70 (46,37-53,87)	<0,001*	0,633	0,008*	<0,001*	<0,001*	<0,001*	<0,001*
	«Скорость ходьбы»	89,34 (82,43-95,94)	87,20 (81,95-95,22)	81,54 (75,50-86,20)	77,69 (73,30-86,97)	<0,001*	0,385	<0,001*	<0,001*	0,022	<0,001*	0,182
«Тандемная ходьба»	«Ширина шага»	6,95 (6,10-7,52)	7,20 (6,40-7,65)	8,47 (6,90-8,87)	9,31 (7,46-10,14)	<0,001*	0,200	0,008*	<0,001*	0,001*	<0,001*	0,002*
	«Скорость»	30,89 (25,97-35,94)	30,88 (26,12-35,35)	30,07 (23,90-35,20)	27,77 (23,27-32,92)	0,091						
	«Конечное колебание»	5,09 (4,07-6,00)	4,88 (4,27-5,92)	5,90 (4,70-6,60)	6,44 (5,38-7,52)	<0,001*	0,609	<0,001*	<0,001*	0,002*	<0,001*	0,013

Окончание таблицы 2

Показатель теста		Возрастная группа				P	p 1-2	p 1-3	p 1-4	p 2-3	p 2-4	p 3-4
		55-59 (1) n=74	60-64 (2) n=72	65-69 (3) n=75	70-74 (4) n=76							
«Быстрый разворот»	«Время разворота в левую сторону»	1,20 (0,89-1,50)	1,41 (1,00-1,85)	1,67 (1,08-2,00)	1,89 (1,25-2,11)	<0,001*	0,023	<0,001*	<0,001*	0,117	0,005*	0,097
	«Время разворота в правую сторону»	1,18 (0,80-1,40)	1,32 (0,99-1,59)	1,63 (1,10-1,89)	1,75 (1,00-1,95)	<0,001*	0,031	<0,001*	<0,001*	0,009	0,004*	0,591
	«Колебание ЦТ при развороте в левую сторону»	24,05 (17,07-28,50)	27,26 (18,25-33,35)	29,04 (22,33-33,90)	30,15 (23,89-33,82)	0,001*	0,026	0,003*	<0,001*	0,341	0,088	0,243
	«Колебание ЦТ при развороте в правую сторону»	22,14 (16,65-24,82)	26,24 (20,87-31,07)	27,30 (21,06-35,53)	28,46 (21,54-31,96)	<0,001*	0,001*	<0,001*	<0,001*	0,113	0,177	0,498
«Шаг/ перешагивание»	«Индекс подъема при движении с левой ноги»	44,96 (35,00-51,00)	42,00 (37,00-47,00)	40,00 (34,00-43,00)	37,75 (32,52-43,25)	0,007*	0,444	0,096	0,003*	0,103	0,005*	0,113
	«Индекс подъема при движении с правой ноги»	45,00 (37,00-48,50)	45,00 (37,25-49,75)	42,98 (36,00-46,00)	39,15 (34,75-43,00)	0,004*	0,886	0,224	0,002*	0,206	0,002*	0,031
	«Время движения с левой ноги»	1,46 (1,27-1,58)	1,46 (1,27-1,59)	1,58 (1,46-1,75)	1,67 (1,47-1,79)	<0,001*	0,859	<0,001*	<0,001*	0,002*	<0,001*	0,122
	«Время движения с правой ноги»	1,41 (1,27-1,51)	1,39 (1,23-1,49)	1,55 (1,38-1,63)	1,61 (1,46-1,70)	<0,001*	0,860	<0,001*	<0,001*	<0,001*	<0,001*	0,102
	«Индекс касания при движении с левой ноги»	55,39 (38,75-64,00)	60,23 (42,25-73,00)	63,46 (48,00-75,00)	67,81 (54,75-81,25)	0,001*	0,132	0,008*	<0,001*	0,177	0,022	0,270
	«Индекс касания при движении с правой ноги»	53,00 (40,00-62,00)	54,50 (44,00-68,50)	60,00 (47,00-72,00)	66,00 (53,75-76,25)	<0,001*	0,226	0,012	<0,001*	0,184	0,003*	0,036

Примечание. * - p < 0,008, отличия статистически значимы между сравниваемыми группами

Значения показателя «Скорость ходьбы» с возрастом снизились на 2,4%, 8,73%, 13,04% (Рисунки 3, 4, 5).

Полученные результаты согласуются с данными других зарубежных исследователей, выявивших значимые возрастные изменения паттерна ходьбы, которые в первую очередь проявляются в виде снижения длины шага при сохранении его ширины, что может косвенно свидетельствовать о сохранности функции равновесия [144]. Также осознанное или неосознанное укорочение длины шага у пожилых людей можно рассматривать как способ минимизации смещения ЦТ при возрастных нарушениях постурального баланса [97].



Рисунок 3 - Профиль показателей динамического компонента постурального баланса у женщин 60-64 лет, %

Примечание. За 100% приняты показатели возрастной группы 55-59 лет.

* - значимые различия между исследуемой группой и группой 55-59 лет.



Рисунок 4 - Профиль показателей динамического компонента пострального баланса у женщин 65-69 лет, %

Примечание. За 100% приняты показатели возрастной группы 55-59 лет.
 * - значимые различия между исследуемой группой и группой 55-59 лет.
 # - значимые различия между исследуемой группой и группой 60-64 лет.

Возрастное снижение скорости ходьбы может быть вызвано различными причинами. С одной стороны, это свидетельствует о типичном возрастном изменении плавного автоматизма движений на более разорванный, поэлементный. С другой - это может являться следствием усиления самоконтроля при движении с возрастом.

Сторонники другой точки зрения отмечают, что данные изменения могут рассматриваться в качестве проявлений наличия хронических заболеваний различной этиологии, а также результатом снижения уровня двигательной активности у пожилых людей [126; 224].

В тесте «Тандемная ходьба» статистически значимые различия были обнаружены в параметрах «Ширина шага» и «Конечное колебание». Так у женщин 70-74 лет «Ширина шага» оказалась значимо больше по сравнению с другими возрастными группами: 55-59 лет ($p < 0,001$), 60-64 лет ($p < 0,001$) и

65-69 лет ($p=0,002$). У женщин 65-69 лет «Ширина шага» значимо больше при сравнении с женщинами 55-59 лет и 60-64 лет ($p=0,008$ и $p=0,001$, соответственно). Показатели «Ширины шага» увеличивались в каждой возрастной группе на 3,6%, 21,87%, 33,96% соответственно.

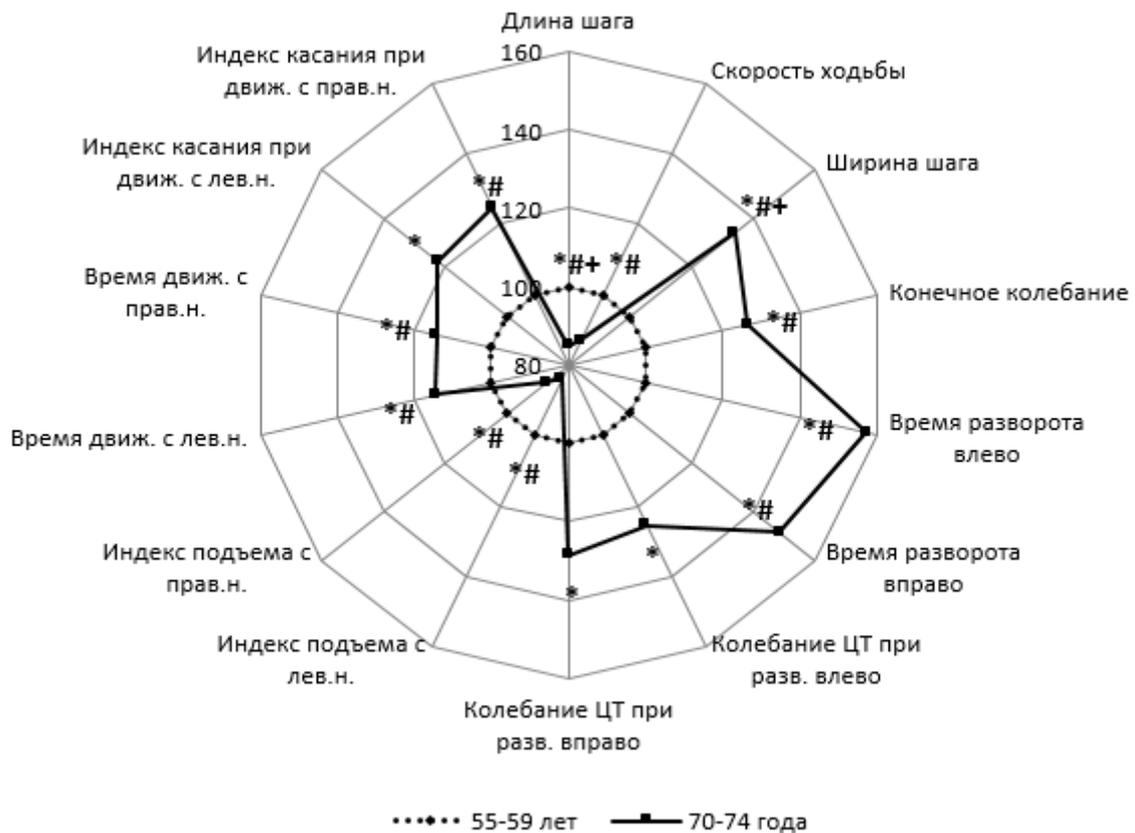


Рисунок 5 - Профиль показателей динамического компонента пострального баланса у женщин 70-74 лет, %

Примечание. За 100% приняты показатели возрастной группы 55-59 лет;
 * - значимые различия между исследуемой группой и группой 55-59 лет;
 # - значимые различия между исследуемой группой и группой 60-64 лет;
 + - значимые различия между исследуемой группой и группой 65-69 лет.

«Конечное колебание» было значимо выше у женщин 65-69 лет и 70-74 лет при сравнении с женщинами 55-59 лет ($p<0,001$ и $p<0,001$, соответственно) и 60-64 лет ($p=0,002$ и $p<0,001$, соответственно). Однако в процентном соотношении данный показатель снижается на 4,13% при сравнении групп 55-59 лет и 60-64 лет, а затем в группах 65-69 лет и 70-74 года увеличивается на 15,91% и 26,52% соответственно. Увеличение ширины шага можно рассматривать как необходимость расширения плоскости опоры

при выполнении сложно-координационных актов, что в свою очередь может свидетельствовать о возрастном ухудшении управления балансом. Изменения нейрофизиологических механизмов поддержания постурального контроля также проявляются в виде значимого увеличения показателей конечного колебания.

При анализе результатов теста «Быстрый разворот» с возрастом отмечалось значимое увеличение показателя «Время разворота» и «Колебания ЦТ» при поворотах как в правую, так и левую стороны. Так, «Время разворота» в левую сторону было значимо выше у женщин 65-69 лет и 70-74 лет при сравнении с женщинами 55-59 лет ($p < 0,001$ и $p < 0,001$, соответственно), и у женщин 70-74 лет при сравнении с женщинами 60-64 лет ($p = 0,005$). Данный показатель в каждой возрастной группе снижался на 17,5%, 39,17%, 57,5% соответственно. «Время разворота» в правую сторону было значимо выше у женщин 65-69 лет и 70-74 лет при сравнении с женщинами 55-59 лет ($p < 0,001$ и $p < 0,001$, соответственно), и у женщин 70-74 лет при сравнении с женщинами 60-64 лет ($p = 0,004$). В процентном соотношении рассматриваемый показатель снижался с возрастом на 11,86%, 38,14%, 48,31% соответственно.

«Колебание ЦТ при развороте» в левую сторону было значимо выше у женщин 65-69 лет и 70-74 лет при сравнении с женщинами 55-59 лет ($p = 0,003$ и $p < 0,001$, соответственно). А «Колебание ЦТ при развороте» в правую сторону было значимо выше у женщин 60-64 лет, 65-69 лет и 70-74 лет при сравнении с женщинами 55-59 лет ($p = 0,001$, $p = 0,003$ и $p < 0,001$, соответственно). «Колебания ЦТ при развороте» в левую и правую стороны в процентном соотношении увеличивались с возрастом на 13,35%, 20,75%, 25,36% и на 18,52%, 23,31%, 28,55% соответственно.

Выявленные особенности выполнения сложных двигательных актов могут быть вызваны различными причинами: снижение интенсивности зрительной и вестибулярной афферентации при реализации постурального баланса, возрастных изменения опорно-двигательного аппарата, снижении

эффективности стабилизации головы и тела, при ходьбе особенно при резких разворотах. Подобные изменения вносят значительный вклад в снижение мобильности у лиц пожилого возраста, что в конечном итоге приводит к формированию малоподвижного образа жизни.

В тесте «Шаг/перешагивание» выявлено возрастное снижение величины «Индекса подъема» и увеличение «Времени движения» и «Индекса касания» при движении, как с правой, так и с левой ноги. «Индекс подъема» при движении с левой ноги был значимо ниже в группе женщин 70-74 лет при сравнении с женщинами 55-59 лет и 60-64 лет ($p=0,003$ и $p=0,005$, соответственно). «Индекс подъема» при движении с правой ноги был значимо ниже в группе женщин 70-74 лет при сравнении с женщинами 55-59 лет и 60-64 лет ($p=0,002$ и $p=0,002$, соответственно).

Рассматриваемые показатели в каждой возрастной группе снижались на 6,58%, 11,03%, 16,04% и на 0,1%, 4,49%, 13,0% соответственно. «Время движения» с левой ноги было значимо выше в группе женщин 65-69 лет и 70-74 лет при сравнении с женщинами 55-59 лет ($p<0,001$ и $p<0,001$, соответственно) и 60-64 лет ($p=0,002$ и $p<0,001$, соответственно). «Время движения» с правой ноги было значимо выше в группе женщин 65-69 лет и 70-74 лет при сравнении с женщинами 55-59 лет ($p<0,001$ и $p<0,001$, соответственно) и 60-64 лет ($p<0,001$ и $p<0,001$, соответственно). В процентном соотношении данные показатели при движении с левой ноги увеличивались с возрастом на 0,1%, 8,22% и 14,38% соответственно. При движении с правой ноги группа 60-64 лет показала снижение времени движения на 1,42% при сравнении с группой 55-59 лет, однако при старении этот показатель увеличился на 9,93%, 14,18% соответственно. «Индекс касания» при движении с левой ноги был значимо выше в группе женщин 65-69 лет и 70-74 лет при сравнении с женщинами 55-59 лет ($p=0,008$ и $p<0,001$, соответственно). «Индекс касания» при движении с правой ноги был значимо выше в группе женщин 70-74 лет при сравнении с женщинами 55-59 лет и 60-64 лет ($p<0,001$ и $p=0,003$, соответственно). «Индексы касания» при

движении с левой и правой ног увеличивался с возрастом на 8,74%, 14,57%, 22,42% и на 2,83%, 13,21%, 24,53% соответственно. Выявленные изменения могут являться как следствием возрастных изменений опорно-двигательного аппарата, проявляющихся в снижении мышечной силы, тугоподвижности суставов, так и в ухудшении реализации нейрофизиологического контроля за поддержанием постурального баланса.

Таким образом, результаты исследования продемонстрировали, что у женщин 55-74 лет с возрастом происходит укорочение длины шага, снижение скорости ходьбы при простой ходьбе, снижение ширины шага и увеличение конечного колебания при тандемной ходьбе, ухудшение показателей выполнения сложно-координационных и сложных двигательных актов. Все это может быть обусловлено множественными возрастными перестройками функциональных систем организма, ответственных за поддержание постурального баланса.

Известно, что с возрастом происходит постепенное ухудшение функций двигательной и постуральной систем, нормальная работа которых определяет стабильность осанки, характеризующая, своего рода, адаптацию к возрастным изменениям сенсорной или моторной систем организма для более безопасной ходьбы [1; 41; 60; 149; 271; 278]. Зачастую пожилые люди предпочитают пассивный образ жизни, что также может способствовать формированию постуральных расстройств. Кроме того, снижение постуральной устойчивости иногда обуславливается психологическими аспектами, то есть страхом падения [104; 164].

Старение вызывает дегенерацию многочисленных структур в костно-мышечной, сердечно-сосудистой и нервной системах. Эти структурные изменения влияют на функциональность различных систем, вынуждая организм проводить реорганизацию механизмов, которые управляют этой функциональностью, так, чтобы нарушения в двигательном поведении были минимальными [4; 47; 119; 189; 242]. Уменьшение количества миелинизированных волокон и дегенерация оставшихся миелиновых

оболочек, по крайней мере частично, являются причиной возрастного снижения скорости нервной проводимости. Кроме того, отмечается возрастное сокращение числа мышечных веретен, являющихся важным источником сенсорной информации для обеспечения постурального контроля. Дегенерация эфферентных путей очевидна в передней части большеберцовой кости [250; 261].

Возрастные структурные изменения в периферической нервной системе вызывают ухудшение функции периферических нервов, что определяется снижением скорости нервной проводимости и амплитуды реакции. Возможно, связанное с ухудшением функции периферических нервов, старение, по-видимому, вызывает реорганизацию относительного вклада супраспинальных и спинномозговых факторов в усиление регуляции изометрической силы. Во время произвольного сокращения мышцы ноги пожилые люди в меньшей степени полагаются на спинномозговые механизмы (модуляция пресинаптического торможения) и в большей на супраспинальные механизмы (нисходящее движение) для увеличения силы [114; 116; 253].

В дополнение к морфологическим изменениям спинномозговых нейронов и двигательных единиц корковые нейроны также демонстрируют структурные изменения, которые способствуют развитию дисфункции постурального баланса. Структурные изменения на кортикальном уровне связаны со снижением объема серого и белого вещества и целостностью белого вещества. Наибольшее уменьшение серого вещества отмечается в ассоциативных областях, расположенных в префронтальной и нижней теменной коре, а также в унимодальных сенсорных и моторных областях. Снижение плотности серого и белого вещества может мешать постуральному контролю из-за замедления скорости обработки информации [74; 198; 204].

Сенсорные системы, играющие важную роль в поддержании постурального баланса, при старении подвергаются значительным перестройкам, значительно снижающим их функциональность. Причиной

возрастного снижения проприоцепции также являются изменения как в ЦНС, так и в периферической нервной системе. В периферической нервной системе с возрастом происходит множество изменений на уровне отдельных проприоцепторов: увеличение толщины капсулы, уменьшение диаметра веретена, снижение чувствительности, меньшее общее количество интрафузальных волокон, расширение концевой пластинки двигательных нервов, которые могут быть результатом денервации. Кроме того, с возрастом уменьшается количество и средняя плотность кожных механорецепторов, таких как тельца Мейснера и Пачини. Также наблюдается уменьшение количества суставных механорецепторов [10; 114; 116; 211; 253]. При старении снижается эффективность работы первичных для активации спинальных моторных нейронов, что изменяет модуляцию спинальных рефлексов при различных положениях тела. Уменьшенная спинальная возбудимость у людей пожилого возраста предполагает большую потребность в высших центрах для контроля мышц ног во время стояния [269; 282].

Таким образом, поскольку изменения пострурального баланса могут быть обусловлены нарушениями на любом из перечисленных уровней или их связей, мы считаем, что для уточнения индивидуальных особенностей изменений оцениваемых показателей необходимо проведение дополнительных исследований.

Проведённый корреляционный анализ с расчетом коэффициентов корреляции Спирмана также выявил ряд характерных особенностей для обследуемых групп (Рисунок 6).

Корреляционная матрица у женщин 55-59 лет характеризуется относительно небольшим числом значимых связей в сравнении с женщинами более старших возрастных групп. Из 190 возможных связей только 44 (23,15%) являются значимыми. У женщин 60-64 лет количество значимых связей увеличивается до 47 (24,73%). В следующей рассматриваемой группе, у женщин 65-69 лет также происходит увеличение количества значимых

связей до 59 (31,05%). Однако в группе женщин 70-74 лет эта тенденция сменяется резким снижением количества значимых связей до 27 (14,21%). Таким образом, до 70 лет мы отмечаем достаточно устойчивое, скоординированное взаимоотношение показателей постурального баланса. Однако после 70 лет можно наблюдать резкий спад этого процесса.

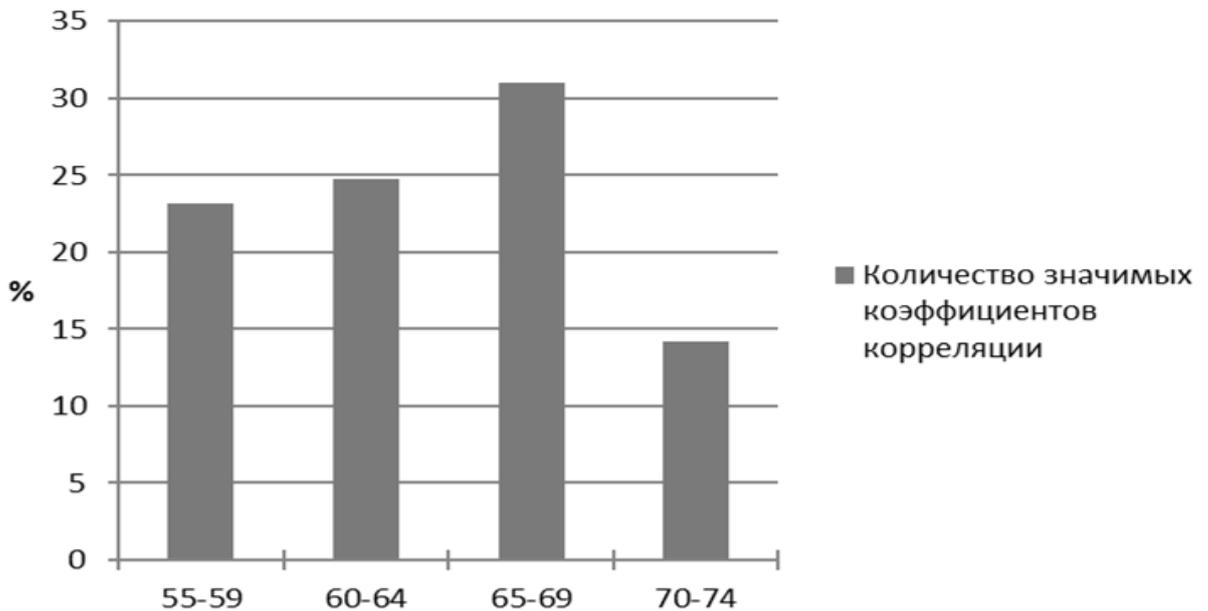


Рисунок 6 - Количество значимых коэффициентов корреляции между показателями постурального баланса у женщин 55-74 лет, %

Проведенный факторный анализ с использованием Варимакс вращения помог выявить некоторое сходство факторных моделей взаимоотношения показателей постурального баланса у женщин в исследуемых группах, а также еще раз подтвердил выявленные ранее особенности (Таблица 3). Матрицы факторных нагрузок представлены в приложении (Приложение 1-4).

Так, анализ параметров динамического компонента постурального баланса показал, что в возрастной группе 55-59 лет 1 фактор, объединивший показатели «Индекс подъема» и «Время движения», включающий 17,9% дисперсии отражает мышечное усилие при подъеме на препятствие и скорость выполнения двигательного акта. 2 фактор (15,4%) – «Время разворота» и «Колебание ЦТ при развороте» характеризует время и точность выполнения разворота при ходьбе. 3 фактор (13,1%) отражает «Индекс

касания», характеризующий мышечное усилие при перешагивании через препятствие. 4 фактор (12,5%) включающий показатели «Время перемещения веса» и «Скорость колебания ЦТ» характеризует скорость и точность выполнения двигательного акта при вставании из положения сидя.

Таблица 3 - Факторная структура взаимоотношения показателей постуального баланса у женщин 55-74 лет

Факторы	Возрастные группы, лет			
	55-59	60-64	65-69	70-74
1	Индекс подъема, Время движения (17,9%)	Время разворота, Колебание ЦТ при развороте (17,4%)	Время разворота, Колебание ЦТ при развороте (20,5%)	Время разворота, Колебание ЦТ при развороте (17,8%)
2	Время разворота, Колебание ЦТ при развороте (15,4%)	Индекс подъема, Время движения (13,3%)	Индекс подъема, Время движения, Индекс подъема (16,2%)	Длина шага, Скорость ходьбы, Индекс подъема (13,1%)
3	Индекс касания (13,1%)	Индекс касания (12,8%)	Индекс касания (11,7%)	Время перемещения веса, Скорость колебания ЦТ (11,1%)
4	Время перемещения веса, Скорость колебания ЦТ (12,5%)	Время перемещения веса, Скорость колебания ЦТ (11,6%)	Длина шага, Скорость ходьбы (9,8%)	Индекс подъема (10,6%)
Сумма	58,9%	55,1%	58,2%	52,6%

В возрастной группе 60-64 года происходят незначительные изменения в распределении факторов и их удельном весе, однако все они сохраняют свою структуру. На передний план выходит фактор «Времени разворота» и «Колебания ЦТ при развороте» (17,4%), который характеризует время и точность выполнения разворота при ходьбе. А «Индекс подъема» и «Время движения» соответствует уже 2 фактору (13,3%) и отражают мышечное

усилие при подъеме на препятствие и скорость выполнения двигательного акта. 3 и 4 факторы остаются неизменными. 3 фактор (12,8%) – «Индекс касания» дает характеристику мышечного усилия при перешагивании через препятствие. 4 фактор (11,6%) с показателями «Время перемещения веса» и «Скорость колебания ЦТ» отражает скорость и точность выполнения двигательного акта при вставании из положения сидя.

Наиболее значимым фактором (20,5%) в возрастной группе 65-69 лет, сохраняющим свою структуру остается «Время разворота» и «Колебание ЦТ при развороте», который характеризует время и точность выполнения разворота при ходьбе. 2 фактор по-прежнему включает в себя «Индекс подъема» и «Время движения» (17,2%) и отражает мышечное усилие при подъеме на препятствие, и скорость выполнения двигательного акта, однако здесь к нему добавляется показатель «Индекс подъема», характеризующий мышечное усилие при вставании из положения сидя. Остается неизменным и 3 фактор, соответствующий 12,7% дисперсии и отражающий «Индекс касания», характеризующий мышечное усилие при перешагивании через препятствие. Существенные изменения происходят в компонентном составе 4 фактора (10,8%), здесь к нему относятся «Длина шага» и «Скорость» простой и сложной ходьбы.

Наиболее весомым фактором (17,8%) в возрастной группе 70-74 лет, сохраняющим свою структуру, как и в возрастных группах 60-64 и 65-69 лет остается «Время разворота» и «Колебание ЦТ при развороте», который характеризует время и точность выполнения разворота при ходьбе. Чуть менее весомым фактором (13,1%) выступает фактор, объединяющий «Длину шага», «Скорость ходьбы» и «Индекс подъема», характеризующий мышечное усилие при вставании из положения сидя. 3 фактор (12,1%) – «Время перемещения веса» и «Скорость колебания ЦТ» отражает скорость и точность выполнения двигательного акта при вставании из положения сидя. 4 фактор (11,9%), включающий «Индекс подъема», отражает мышечное усилие при подъеме на препятствие.

Факторная модель взаимоотношения показателей постурального баланса с возрастом претерпевает изменения и на передний план выходят показатели точности и аккуратности выполнения сложных двигательных актов, в т.ч. при разворотах во время ходьбы. Следует также отметить, что в возрастной группе 70-74 года отмечаются наибольшие изменения в компонентном составе факторов. Суммарная дисперсия в исследуемых возрастных группах составила 58,9%, 55,1%, 58,2%, 52,6% соответственно.

Таким образом, возрастной период 60-64 лет у женщин характеризуется достаточной сохранностью функциональных резервов организма, отражающейся лишь в неустойчивости при выполнении быстрых разворотов и в небольшом увеличении значимых корреляционных связей между показателями баланса.

Периоду 65-69 лет свойственны выраженные нарушения постурального баланса, характерно снижение эффективности выполнения сложных двигательных актов и большее увеличение количества значимых корреляционных связей.

В период 70-74 лет происходят значительные нарушения постурального баланса, что может быть связано с истощением функциональных резервов организма и началом развития дизадаптационных процессов. Этому периоду характерно снижение значимых корреляционных связей более чем в 2 раза.

3.2 Особенности динамического компонента постурального баланса у женщин 60-74 лет с синдромом падений

Важнейшим фактором, позволяющим продолжать активный образ жизни и иметь социальную независимость в пожилом возрасте, является полноценное функционирование системы постурального баланса. Возрастные изменения имеют ярко выраженные медико-социальные последствия и являются основной причиной падений для лиц старших возрастов. Известно, что возраст является одним из наиболее значимых факторов риска падений [7; 32; 50]. Следует отметить, что наибольшее количество падений происходит среди людей старше 65 лет по данным Всемирной организации здравоохранения. Полученные нами результаты также свидетельствуют, что наличие постуральной нестабильности характерно для лиц пожилого возраста.

При анализе результатов теста «Вставание из положения сидя» статистически значимые различия установлены между сравниваемыми группами только в показателе «Скорость колебания ЦТ» ($p=0,011$). Данный показатель увеличился на 12,86% в группе женщин с падениями. Такие результаты демонстрируют некоторое изменение нейрофизиологических механизмов, обеспечивающих удержание вертикальной позы при вставании (Таблица 4). Известно, что вставание из положения сидя по сравнению с простой и сложной ходьбой требует большего напряжения мышц ног. Значимое влияние оказывает также состояние костно-мышечного и связочного аппарата коленных суставов [67; 68; 281].

Тест «Простая ходьба» продемонстрировал значимое снижение показателей «Длина шага» ($p=0,022$), а именно на 4,60%, и «Скорость ходьбы» ($p=0,013$) на 5,73% в группе женщин с падениями. Осознанное или неосознанное укорочение длины шага облегчает управление переносом ЦТ при ходьбе, а также может быть обусловлено страхом потери равновесия, что особенно актуально в зимние периоды в северном регионе.

Таблица 4 - Характеристика показателей пострурального баланса у женщин 60-74 лет в зависимости от наличия падений, Me(Q₁-Q₃), M±SD

Показатель теста		«Без падений» (1) n=97	«С падениями» (2) n=88	p
«Вставание из положения сидя»	«Время перемещения веса»	0,47±0,16	0,46±0,18	0,488
	«Индекс подъема»	16 (14-20,5)	16 (12-21,75)	0,630
	«Скорость колебания ЦТ»	3,5 (2,9-4,1)	3,95 (3,24-4,6)	0,011*
«Простая ходьба»	«Ширина шага»	13,14±3,07	13,09±3,11	0,909
	«Длина шага»	58 (53,06-62,03)	55,33 (46,27-61,37)	0,022*
	«Скорость ходьбы»	85,81±12,38	80,89±14,16	0,013*
«Тандемная ходьба»	«Ширина шага»	7,3 (6,35-8,6)	7,91 (6,42-10,37)	0,050*
	«Скорость»	30,8 (25,46-36,65)	27,1 (22,52-33,70)	0,005**
	«Конечное колебание»	5,5 (4,23-6,36)	5,6 (4,5-7,07)	0,204
«Быстрый разворот»	«Время разворота в левую сторону»	1,29 (0,99-1,85)	1,74 (1,17-2,36)	0,001***
	«Время разворота в правую сторону»	1,21 (0,89-1,66)	1,62 (1,19-2,13)	0,001***
	«Колебание ЦТ при развороте в левую сторону»	24,8 (19,25-30,73)	29,9 (25,02-38,09)	0,001***
	«Колебание ЦТ при развороте в правую сторону»	22,7 (18,95-31)	29,9 (24,4-35,85)	0,001***
«Шаг/ перешагивание»	«Индекс подъема при движении с левой ноги»	42 (37-50,5)	38 (31-45)	0,001***
	«Индекс подъема при движении с правой ноги»	45,35±10,72	39,99±10,33	0,001***
	«Время движения с левой ноги»	1,45 (1,27-1,71)	1,57 (1,41-1,73)	0,008**
	«Время движения с правой ноги»	1,48 (1,23-1,59)	1,53 (1,35-1,77)	0,017*
	«Индекс касания при движении с левой ноги»	61 (45,5-75)	59 (46,25-77)	0,988
	«Индекс касания при движении с правой ноги»	56 (45-75)	55,5 (45-75,75)	0,809
Примечание. * - p<0,05; ** - p<0,01; *** - p<0,001, отличия статистически значимы между сравниваемыми показателями.				

Из результатов теста «Тандемная ходьба» следует, что статистически значимые различия обнаружены в параметрах «Ширина шага» и «Скорость ходьбы». У женщин с падениями «Ширина шага» значимо выше (p=0,050), а «Скорость ходьбы» (p=0,005) значимо ниже при сравнении с женщинами без падений. Рассматриваемые показатели увеличились на 8,36% и 12,01%

соответственно (Рисунок 7). Таким образом, снижение качества выполнения сложно-координационных тестов у женщин с постуральной нестабильностью свидетельствует об ухудшении управления балансом, что проявляется в необходимости увеличения плоскости опоры и как следствие, увеличении ширины шага и снижении скорости ходьбы. Аналогичные результаты были получены и другими исследователями, отметившими информативность теста «Тандемная ходьба» для выявления лиц с постуральной нестабильностью [68].

При анализе результатов теста «Быстрый разворот» статистически значимые различия наблюдаются в показателях «Время разворота» в левую и в правую стороны и «Колебание ЦТ при развороте» в левую и в правую сторону. Так женщины с падениями имели значимо более высокие показатели «Времени разворота» в левую и в правую стороны ($p=0,001$ и $p=0,001$, соответственно). Они выполняли развороты в левую и правую стороны медленнее на 34,88% и 33,88% соответственно. Также, женщины с падениями продемонстрировали значимо более высокие показатели «Колебания ЦТ при развороте» в левую и в правую стороны на 20,56% и 31,72% ($p=0,001$ и $p=0,001$, соответственно) при сравнении с женщинами без падений. Таким образом, можно предположить, что для женщин с постуральной нестабильностью отмечается снижение эффективности выполнения сложных двигательных актов. Отмеченные изменения могут являться следствием изменений нейрофизиологических механизмов, обеспечивающих постуральный контроль.

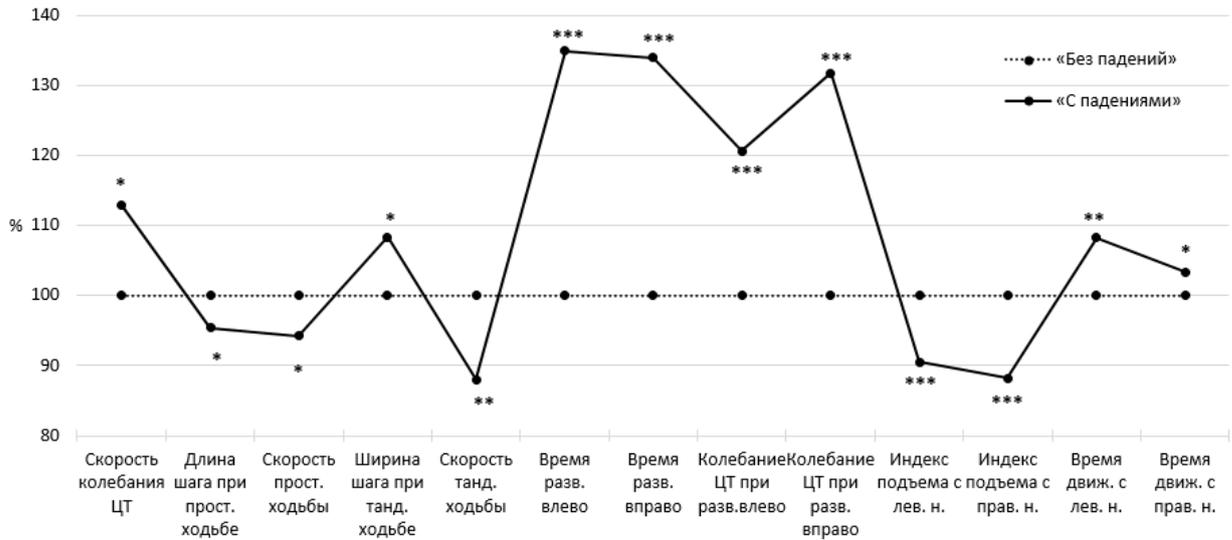


Рисунок 7 - Профиль показателей динамического компонента пострального баланса у женщин в зависимости от наличия падений

Примечания. За 100% приняты показатели группы женщин без падений.

Звездочками обозначены статистически значимые различия между исследуемыми группами: * - $p < 0,05$; ** - $p < 0,01$; *** - $p < 0,001$.

В тесте «Шаг/перешагивание» статистически значимые различия были выявлены в параметрах «Индекс подъема» при движении с левой и с правой ног и «Время движения» с левой и с правой ног. Так, «Индекс подъема» при движении с левой и с правой ног был значимо ниже на 9,52% и на 11,82% в группе женщин с падениями при сравнении с женщинами без падений ($p=0,001$ и $p=0,001$, соответственно). Женщины с падениями показали значимо более высокие показатели «Время движения» с левой и с правой ног при сравнении с женщинами без падений ($p=0,008$ и $p=0,017$, соответственно), т.е. они выполняли движение с левой и правой ног медленнее на 8,28% и 3,38% соответственно (Рисунок 7). Значимое увеличение времени движения при выполнении данного теста может быть связано как с усилением самоконтроля и как следствие увеличением временных затрат на анализ информации и формирование моторного ответа, так и изменением физиологических механизмов, регулирующих постральный баланс [85; 86; 104].

Результаты исследования свидетельствуют о значимых изменениях динамического компонента пострального баланса у женщин с постральной

нестабильностью, проявляющихся в необходимости увеличения площади опоры при простой и сложной ходьбе, увеличении времени и снижении точности реализации сложных двигательных актов.

Kristindottir с соавт. предположили, что вестибулярная асимметрия является важным фактором, провоцирующим падения у лиц старше 50 лет. Некоторые исследования связывают нарушения соматосенсорной системы с более высокими рисками падений или повышением колебаний тела. Эти изменения могут быть незначительными, но в сложной ситуации (например, на скользкой поверхности из-за льда и снега) их влияние может быть критическим. Переживание этих трудностей может также привести к страху падения, что, в свою очередь, вызовет множество других психологических и физических последствий. Такие люди чаще стараются остаться дома, тем самым, ограничивая свою социальную независимость. В краткосрочной перспективе такие ограничения физической активности могут предотвратить падение, уменьшив негативное воздействие, но в более долгосрочной перспективе снижение уверенности в себе и физическая дезактивация только усугубят проблемы, увеличивая тем самым риск развития синдрома падений [182].

Следует отметить возможные нарушения и в центральных механизмах регуляции постурального баланса. Так, например, главная функция высшего уровня регуляции ходьбы связана с адаптацией постуральных и локомоторных синергий к конкретным условиям окружающей среды, положению тела в пространстве, намерениям человека [37; 238; 249]. В лобных долях происходит афферентный синтез, формирование программ, вызова и создания движений, учета эффекта произведенного действия и контроля за его исполнением. [256]. Через премоторную кору реализуются движения, инициирующиеся под влиянием внешних стимулов. На основе получаемой проприоцептивной, слуховой, зрительной, вестибулярной и/или тактильной информации формируется схема тела и окружающего пространства. Через премоторную кору обеспечивается приспособление

локомоторных синергий к особенностям условий окружающей среды. При поражении премоторной коры в первую очередь нарушается выполнение заданий, требующих зрительно-моторной координации, таких как ходьба по неровной поверхности или преодоление препятствий [72, 193; 196; 229].

Следующий уровень - стволово-мозжечковый - участвует в регуляции изменения положения тела, запускающего двигательный акт [155; 179; 186; 225; 258; 286]. На этом уровне мозжечок корректирует скорость и амплитуду движений, координирует движения конечностей, обеспечивает общую траекторию движения, объединяя отдельные движения в целостный двигательный акт. Путем анализа информации, поступающей как от спинного мозга, так и от моторной коры, в мозжечке происходит сопоставление реально осуществляемых движений с планируемыми, и, при необходимости генерируются корректирующие сигналы. Повреждение мозжечка или его связей ведет к постуральной неустойчивости и расширению базы опоры, пошатыванию во время ходьбы или бросанию из стороны в сторону с дискоординацией сегментов тела [172; 178; 199]. Данный уровень обеспечивает поддержание равновесия в вертикальном положении, регулирует генерацию ритмичных шаговых движений, принимает участие в обеспечении инициации ходьбы и изменении параметров ходьбы в зависимости от цели человека и окружающих условий.

Спинальный уровень отвечает за мышцы проксимальных отделов конечностей, которые принимают активное участие в реализации двигательных и поддерживающих синергий [57; 281].

Однако выявление индивидуальных, более детальных особенностей изменений рассматриваемых показателей требует проведения дополнительного исследования уровней регуляции постурального баланса, поскольку изменения могут быть обусловлены нарушениями на любом из перечисленных уровней или их связей.

Проведённый корреляционный анализ с расчетом коэффициентов корреляции Спирмана помог определить характерные для обследуемых групп черты (Рисунок 8).

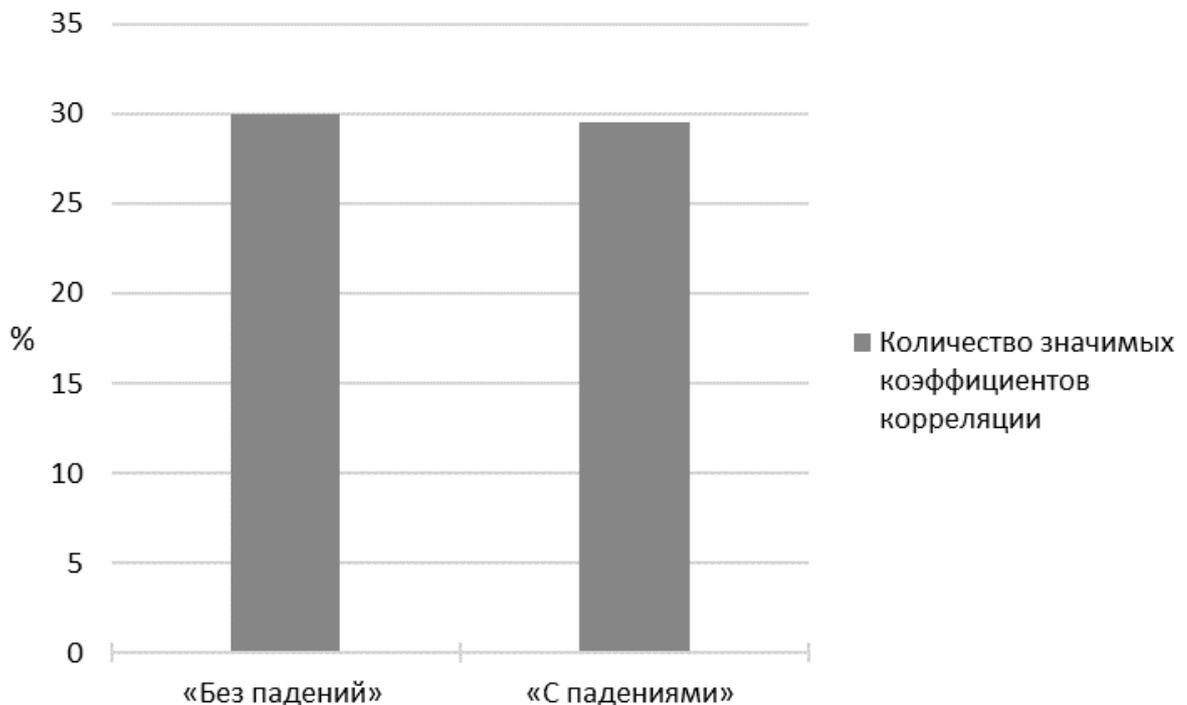


Рисунок 8 - Количество значимых коэффициентов корреляции между показателями пострурального баланса у женщин пожилого возраста в зависимости от наличия падений, %.

Матрица корреляций у женщин без падений характеризуется небольшим и практически равным количеством значимых связей. Из 190 возможных связей 57 (30%) являются значимыми у женщин без падений. У группы женщин с падениями значимых связей отмечено меньше – 56 (29,47%). В результате анализа корреляционных матриц, выявлено снижение количества значимых связей у женщин с падениями в анамнезе. Это может свидетельствовать о начале нарушений взаимосвязи показателей пострурального баланса.

Выявленные особенности пострурального баланса у женщин 60-74 лет с синдромом падений подтверждаются результатами факторного анализа с использованием Варимакс вращения (Таблица 5). Матрицы факторных нагрузок представлены в приложении (Приложение 5).

При анализе факторной модели взаимоотношения показателей пострурального баланса было выявлено, что в группе женщин без падений наиболее значимым фактором (17,65%) выступает «Индекс подъема» и «Время движения», которые отражают мышечное усилие при подъеме на препятствие скоростно-силовые показатели, а также скорость простой и сложной ходьбы.

Таблица 5 - Факторная структура взаимоотношения показателей пострурального баланса у женщин 60-74 лет с синдромом падений

Факторы	Группы	
	«Без падений»	«С падениями»
1	Индекс подъема, Время движения, Скорость простой и сложной ходьбы (17,65%)	Время перешагивания, Длина шага, Скорость при простой ходьбе (19,58%)
2	Время разворота, Колебание ЦТ при развороте (17,41%)	Время разворота, Колебание ЦТ при развороте (14,52%)
3	Индекс касания (10,62%)	Индекс касания (10,92%)
4	Ширина шага, Конечное колебание при тандемной ходьбе (9,39%)	Время вставания, Скорость колебания ЦТ при вставании (10,34%)
Сумма	55,07%	55,36%

Чуть менее весомым фактором (17,41%) является «Время разворота» и «Колебание ЦТ при развороте», который характеризует время и точность выполнения разворота при ходьбе. 3 фактор (10,62%) – «Индекс касания», характеризующий мышечное усилие при перешагивании через препятствие. 4 фактор (9,39%) отражает показатели «Ширины шага» и «Конечного колебание ЦТ», которые характеризует точность выполнения двигательного акта.

Однако в группе женщин с падениями наиболее весомый фактор (19,58%) включает «Время движения» при выполнении двигательного акта

на примере перешагивания через препятствие, а также «Длину шага» и «Скорость» простой ходьбы. 2 фактор (14,52%) объединяет «Время разворота» и «Колебание ЦТ при развороте», который характеризуют время и точность выполнения разворота при ходьбе. В компонентном составе 3 фактора (10,92%) не происходит изменений, и он по-прежнему включает «Индекс касания», характеризующий мышечное усилие при перешагивании через препятствие. 4 фактор (10,34%) объединил показатели «Время перемещения веса» и «Скорость колебания ЦТ», которые определяют скорость и точность выполнения двигательного акта при вставании.

Таким образом, факторная модель взаимоотношения показателей пострурального баланса у женщин с синдромом падений отличается от модели женщин без падений, происходит перераспределение факторов, некоторое изменение их структуры и удельного веса, что свидетельствует об изменении механизмов поддержания пострурального баланса у женщин с синдромом падений. В группе женщин без падений на передний план выходит фактор, отражающий мышечное усилие при подъеме на препятствие, скоростно-силовые показатели, а также скорость простой и сложной ходьбы. В свою очередь в группе женщин с поструральной нестабильностью ведущим является фактор, характеризующий время движения при выполнении двигательного акта, а также длину шага и скорость простой ходьбы. Суммарная дисперсия у женщин без падений составила 55,07%, а у женщин с падениями – 55,36%.

3.3 Характерные черты динамического компонента постурального баланса у женщин 60-74 лет при нормальной, избыточной и недостаточной массе тела

Избыток и дефицит МТ значительно изменяют способ движения тела в пространстве. Избыток МТ препятствует взаимодействию суставов и мышц, которые имеют решающее значение для функциональной способности и постурального баланса [106].

При анализе результатов теста «Вставание из положения сидя» статистически значимые различия выявлены в параметре «Индекс подъема», при этом у женщин с избыточной МТ данный показатель был значимо выше, чем у женщин с дефицитом и нормальной МТ ($p=0,014$ и $p=0,014$, соответственно) (Таблица 6). При дефиците МТ данный показатель снизился на 5,56%, а при избытке МТ - на 16,67% при сравнении с нормальной МТ. Также статистически значимые различия были обнаружены в показателе «Скорости колебания ЦТ» предложенного теста между группами с дефицитом и избытком МТ ($p=0,012$). Так, данный показатель при дефиците МТ снизился на 15,58%, а при избытке МТ – на 1,76% относительно группы с нормальной МТ. Однако, не выявлены статистические различия в показателе «Время перемещения веса».

Известно, что вставание требует большей мышечной силы нижних конечностей, нежели другие двигательные акты, такие как простая или сложная ходьба. Кроме того, быстрое вставание зависит от мышечно-связочного аппарата коленных суставов. В настоящее время известно, что снижение мышечной силы у пожилых лиц повышает риск преждевременного старения, что негативно отражается на функциональном состоянии женщин с избыточной МТ.

Таблица 6 - Характеристика показателей пострурального баланса у женщин 60-74 лет при дефиците, норме и избытке массы тела, $M \pm SD$, $Me(Q_1-Q_3)$

Показатель		ИМТ			P	p 1-2	p 2-3	p 1-3
		Дефицит (1) n=38	Норма (2) n=41	Избыток (3) n=43				
«Вставание из положения сидя»	«Время перемещения веса»	0,44±0,18	0,45±0,16	0,44±0,17	0,966			
	«Индекс подъема»	17 (14-23)	18 (14,5-22)	15 (13-18)	0,016*	0,945	0,014*	0,014*
	«Скорость колебания ЦТ»	3,36±0,98	3,98±2,18	3,91±0,91	0,047*	0,202	0,261	0,012*
«Простая ходьба»	«Ширина шага»	11,05±3,22	12,08±2,79	13,99±3,20	<0,001*	0,077	0,009*	<0,001*
	«Длина шага»	59,72±8,64	60,04±12,12	55,17±11,88	0,114			
	«Скорость ходьбы»	95,17±14,41	82,60±11,85	79,96±14,03	<0,001*	0,009*	0,045	<0,001*
«Тандемная ходьба»	«Ширина шага»	6,3 (5,8-8,93)	6,9 (6,03-8,26)	7,9 (6,5-9,7)	0,022*	0,356	0,048	0,010*
	Скорость	31,97±6,51	28,78±6,91	28,27±8,55	0,052			
	«Конечное колебание»	4,86 (2,8-6,57)	4,5 (3,63-5,83)	5,1 (4,23-5,7)	0,687			
«Быстрый разворот»	«Время разворота в левую сторону»	1,32±0,80	1,52±0,71	1,76±0,89	0,028*	0,084	0,174	0,014*
	«Время разворота в правую сторону»	1,28±0,84	1,39±0,58	1,56±0,84	0,040*	0,076	0,436	0,015*
	«Колебание ЦТ при развороте в левую сторону»	23,54±14,25	28,99±14,25	29,89±10,10	0,044*	0,259	0,267	0,009*
	«Колебание ЦТ при развороте в правую сторону»	22,56±7,96	28,75±12,99	27,41±9,11	0,033*	0,030	0,876	0,016*

Окончание таблицы 6

Показатель		ИМТ			P	p 1-2	p 2-3	p 1-3
		Дефицит (1) n=38	Норма (2) n=41	Избыток (3) n=43				
«Шаг/ перешагивание»	«Индекс подъема при движении с левой ноги»	46,21±16,94	42,92±12,24	38,23±12,17	0,019*	0,175	0,057	0,011*
	«Индекс подъема при движении с правой ноги»	49,89±19,04	43,75±12,34	40,49±12,46	0,072			
	«Время движения с левой ноги»	1,49±0,37	1,50±0,36	1,71±0,58	0,157			
	«Время движения с правой ноги»	1,31 (1,09-1,5)	1,47 (1,27-1,57)	1,51 (1,38-1,66)	<0,001*	0,026	0,097	<0,001*
	«Индекс касания при движении с левой ноги»	61,47±27,58	55,19±16,86	61,02±23,91	0,525			
	«Индекс касания при движении с правой ноги»	54,00±19,47	52,29±21,06	57,07±21,69	0,388			
Примечание. * - $p < 0,017$, отличия статистически значимы в сравниваемых группах								

Динамика изменений величины «Индекса подъема» свидетельствует о наличии тенденции к увеличению затрат мышечной силы, необходимой для вертикализации тела при вставании из положения сидя. Стоит так же заметить, что наблюдается обратная зависимость между величиной индекса подъема и необходимым количеством затрачиваемой мышечной силы.

При оценке результатов теста «Простая ходьба» статистически значимые различия были обнаружены в параметрах «Ширина шага» и «Скорость ходьбы». Так у женщин с избытком МТ «Ширина шага» была значимо выше, чем у женщин с дефицитом ($p < 0,001$) и с нормальной МТ ($p = 0,009$), а «Скорость ходьбы» значимо ниже, чем у женщин с недостатком МТ ($p < 0,001$). При дефиците МТ скорость ходьбы была значимо выше ($p = 0,009$) при сравнении с группой женщин с нормальной МТ. При дефиците МТ показатель ширины шага снизился на 8,53%, а при избытке МТ увеличился на 15,81% при сравнении с нормальной МТ. В показателе «Скорость ходьбы», при сравнении МТ в норме и при дефиците, было отмечено увеличение на 15,22%, а при сравнении МТ в норме и при избытке – снижение на 3,20% (Рисунок 9). Выявленные изменения могут рассматриваться как процесс адаптивных перестроек параметров простой ходьбы при увеличении МТ. Таким образом, согласно полученным данным, значительные изменения элементов простой ходьбы, а именно ширины шага и скорости ходьбы у лиц пожилого возраста могут являться предикторами снижения мобильности.

В тесте «Тандемная ходьба» статистически значимые различия обнаружены только в показателе «Ширина шага» между группами женщин с дефицитом и избытком МТ. У женщин с избытком МТ «Ширина шага» при тандемной ходьбе была значимо выше по сравнению с женщинами с недостатком МТ ($p = 0,010$). При дефиците МТ показатель «Ширина шага» снизился на 8,70%, а при избытке МТ увеличился на 14,49% при сравнении с нормальной МТ. Статистически значимых различий в параметрах «Скорость ходьбы» и «Конечное колебание» не выявлено.

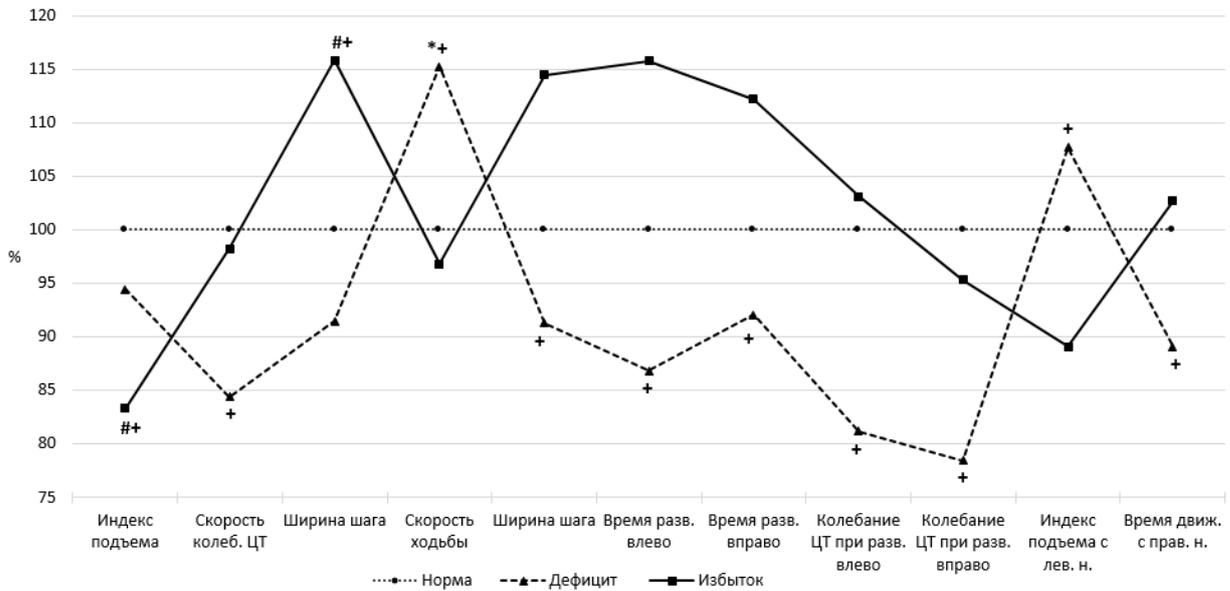


Рисунок 9 - Профиль показателей динамического компонента пострального баланса у женщин с дефицитом, нормальной и избыточной МТ, %
Примечание. За 100% приняты показатели группы женщин с нормальной МТ.

- * - значимые различия между группой с дефицитом МТ и нормальной МТ;
- # - значимые различия между группой с избытком МТ и нормальной МТ;
- + - значимые различия между группой с дефицитом МТ и избытком МТ.

Также нами был проведен тест «Быстрый разворот», анализ его параметров выявил статистически значимые различия во всех исследуемых показателях между группами с дефицитом и избытком МТ. Так, показатель «Время разворота» в левую и в правую стороны ($p=0,014$ и $p=0,015$, между группами с дефицитом и избытком МТ) снизился на 13,16% и на 7,91%, соответственно в группе с дефицитом МТ относительно группы женщин с нормальной МТ. В свою очередь в группе с избытком МТ относительно группы женщин с нормальной МТ данный показатель увеличился на 15,79% и на 12,23%, соответственно. Показатель «Колебание ЦТ при развороте» в левую и в правую стороны ($p=0,009$ и $p=0,016$, между группами с дефицитом и избытком МТ) снизился на 18,80% и на 21,53% при сравнении групп с дефицитом МТ и нормальной МТ. А при сравнении групп с избыточной и нормальной МТ данный показатель увеличился на 3,10% при выполнении движения в правую сторону, и снизился на 4,66% - в левую сторону.

Таким образом, согласно полученным результатам мы можем судить об изменении нейрофизиологических механизмов, обеспечивающих сложно-координационные движения у пожилых женщин с дефицитом и избытком МТ, выявлено снижение адаптационных способностей к сложным двигательным актам. Также, согласно данным зарубежных исследователей, избыточная МТ является значимым фактором риска развития синдрома падений.

При анализе результатов теста «Шаг/ перешагивание» статистически значимые различия обнаружены в параметрах «Индекс подъема» при движении с левой ноги ($p=0,011$) и «Время движения» с правой ноги ($p<0,001$) при сравнении женщин с избытком и дефицитом МТ. При дефиците МТ показатель «Индекс подъема» при движении с левой ноги увеличился на 7,67%, а при избытке МТ снизился на 10,93% при сравнении с нормальной МТ. Показатель «Время движения» с правой ноги в группе женщин с дефицитом МТ снизился на 10,88%, а в группе с избытком МТ – увеличился на 2,72% при сравнении с группой с нормальной МТ. Статистически значимых различий в параметрах «Индекс касания» и «Время движения с левой ноги» и «Индекс подъема» при движении с правой ноги не выявлено.

Таким образом, при оценке пространственно-временных характеристик движения у женщин 60-74 лет в зависимости от недостаточной, нормальной или избыточной МТ нами отмечена динамика изменений величины индекса подъема, свидетельствующая о наличии тенденции к увеличению затрат мышечной силы, необходимой для вертикализации тела при вставании из положения сидя. В свою очередь значимое увеличение ширины шага и снижение скорости ходьбы у женщин с избытком МТ, по сравнению с женщинами с недостатком МТ, могут рассматриваться в качестве индикаторов процесса адаптивных перестроек параметров простой ходьбы, вызванных увеличением МТ.

Важно также отметить, что в работе статистически значимые различия в большинстве случаев были выявлены между группами женщин пожилого возраста с дефицитом и избытком МТ; а относительно нормальной МТ - были только на уровне статистической тенденции, что позволяет нам судить лишь о том, что женщины с дефицитом МТ имеют значимо лучшее состояние постурального баланса, при сравнении с женщинами с избыточной МТ. Также, отмеченные разнонаправленные перестройки показателей динамического компонента постурального баланса еще раз подчеркивают, что тенденция их изменения в группе женщин с дефицитом МТ отражает позитивные сдвиги, и негативные – в группе с избыточной МТ, определяющие эффективность регуляции движений.

Известно, что сложная система постурального баланса, обеспечивающая сохранение и управление положением тела в пространстве требует значительного вовлечения нервной системы. В следствие чего обычно рассматривается несколько уровней регуляции постурального баланса: спинальный, стволово-мозжечковый, высший (корково-подкорковый) [74]. Полученные нами результаты могут свидетельствовать о нарушении на любом из этих уровней, а также их связей. По нашему мнению, для уточнения генеза изменений показателей постурального баланса необходимы дополнительные исследования.

Использование тестов «Быстрый разворот» и «Простая ходьба» при диагностике параметров ходьбы может быть полезно для прогнозирования риска падений и снижения мобильности, а также для оценки качества и коррекции реабилитационных программ, связанных с изменениями постурального контроля.

При проведении корреляционного анализа с расчетом коэффициентов корреляции Спирмана выявлены характерные для обследуемых групп особенности (Рисунок 10).

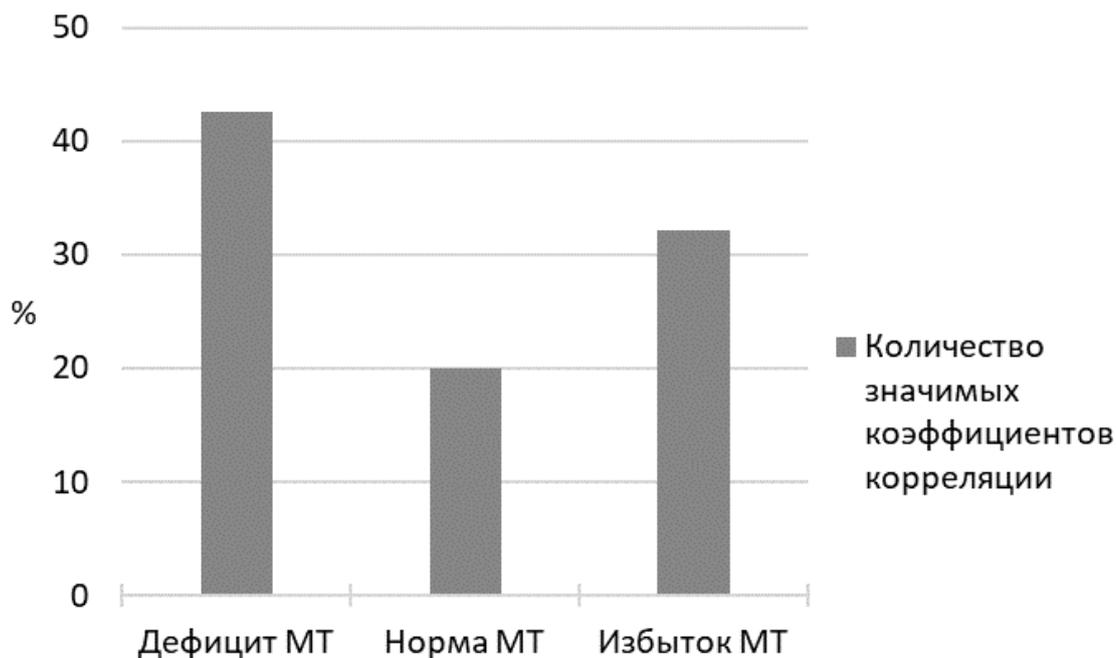


Рисунок 10 - Количество значимых коэффициентов корреляции между показателями пострурального баланса у женщин пожилого возраста при дефиците, нормальной и избыточной МТ, %

У женщин с различным ИМТ корреляционная матрица характеризуется небольшим количеством значимых связей. Так в группе женщин с дефицитом МТ отмечено больше всего значимых связей – 81 (42,63%) из 190 возможных. При нормальной МТ значимых связей зафиксировано меньше всего связей – 38 (20%). Однако в группе женщин с избыточной МТ значимыми являются 61 (32,11%) связей. Таким образом, можно заключить, что количество значимых коэффициентов корреляции в группах с дефицитом и избытком МТ несколько увеличено по сравнению с группой женщин с нормальной МТ.

Проведенный факторный анализ с использованием Варимакс вращения показателей динамического компонента пострурального баланса у женщин 60-74 лет с недостаточной, нормальной и избыточной МТ еще раз подтвердил разнонаправленность сдвигов показателей при изменении МТ (Таблица 7). Матрицы факторных нагрузок представлены в приложении (Приложение 6).

Проведенный факторный анализ показал, что в группе женщин с нормальной МТ 1 фактор, составляющий 19,83% дисперсии, включает в себя

«Время движения» при развороте и при перешагивании через препятствие, который характеризует общее время выполнения сложно-координационных и сложных двигательных актов при ходьбе.

Таблица 7 - Факторная структура взаимоотношения показателей пострурального баланса у женщин 60-74 лет при недостаточной, нормальной и избыточной МТ

Факторы	Дефицит МТ	Норма МТ	Избыток МТ
1	Индекс касания, Время движения, Индекс подъема, Ширина шага при простой ходьбе (25,71%)	Время разворота, Время движения (19,83%)	Скорость и длина шага при простой ходьбе, Время движения (24,55%)
2	Время движения, Скорость при простой ходьбе (15,68%)	Скорость колебания ЦТ, Конечное колебание, Колебание ЦТ при развороте (17,7%)	Время разворота, Колебание ЦТ при развороте (17,36%)
3	Время разворота, Колебание ЦТ при развороте (14,19%)	Индексы подъема, Скорость при простой ходьбе (12,36%)	Индекс касания (12,14%)
4	Время перемещения веса, Скорость колебания ЦТ, Длина шага при простой ходьбе (12,87%)	Индекс касания (9,63%)	Время перемещения веса, Скорость колебания ЦТ (9,78%)
Сумма	68,45%	59,52%	63,83%

2 фактор (17,7%) – «Скорость колебания ЦТ», «Конечное колебание» и «Колебание ЦТ при развороте» определяет точность выполнения двигательных актов. 3 фактор (12,36%) отражает «Индекс подъема» и «Скорость» простой ходьбы, определяя таким образом мышечные усилия, мощностные показатели при выполнении различных двигательных актов. 4

фактор (9,63%) – «Индекс касания», характеризующий мышечное усилие при перешагивании через препятствие.

В группе женщин с дефицитом МТ наиболее значимый фактор (25,71%) объединил в себе показатели «Индекс касания», «Время движения», «Индекс подъема» и «Ширина шага» при простой ходьбе, что определяет скоростно-силовые показатели выполнения двигательных актов. Чуть менее значимым фактором (15,68%) является фактор, отражающий «Время движения» и «Скорость» при простой ходьбе, демонстрирующий скоростные характеристики выполнения двигательных актов. 3 фактор (14,19%) отражает «Время разворота» и «Колебание ЦТ при развороте», который характеризует время и точность выполнения разворота при ходьбе. 4 фактор (12,87%) объединил показатели «Время перемещения веса», «Скорость колебания ЦТ» и «Длина шага» при простой ходьбе, которые определяют скорость и точность выполнения двигательного акта при вставании.

В группе женщин с избыточной МТ на передний план выходит фактор (24,55%) объединяющий «Скорость» и «Длину шага» при простой ходьбе, а также «Время движения» при перешагивании через препятствие, который отражает временные характеристики выполнения двигательных актов. Ко 2 фактору (17,36%) относятся «Время разворота» и «Колебание ЦТ при развороте», которые характеризуют время и точность выполнения разворота при ходьбе. 3 фактор (12,14%) включает «Индекс касания», характеризующий мышечное усилие при перешагивании через препятствие. 4 фактор (9,78%) объединил показатели «Время перемещения веса», «Скорость колебания ЦТ», которые определяют скорость и точность выполнения двигательного акта при вставании.

Таким образом, при анализе факторных моделей пострурального баланса у женщин с дефицитом, нормальной и избыточной МТ было выявлено, что распределение факторов, их структура и удельный вес в группах с дефицитом и избытком МТ значительно отличается от группы с нормальной МТ. При дефиците МТ на передний план выходит фактор,

который определяет скоростно-силовые показатели выполнения двигательных актов и ширину шага при простой ходьбе. Напротив, при избытке МТ ведущим фактором выступают показатели, характеризующие временные характеристики выполнения двигательных актов и длину шага при простой ходьбе. Очевидно, это может быть следствием компенсаторно-приспособительных реакций организма для поддержания постурального баланса. Суммарная дисперсия в группах с дефицитом, нормальной и избыточной МТ составила 68,45%, 59,52%, 63,83%, соответственно.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Система равновесия обладает высокой надежностью и прочностью, однако при ряде заболеваний и в процессе старения различные компоненты подвергаются изменениям, значительно снижающим эффективность ее работы.

Показатели динамического компонента пострурального баланса у женщин в группе 60-64 лет практически не отличаются от группы 55-59 лет. Лишь «Колебание ЦТ при развороте в правую сторону» в тесте «Быстрый разворот» было значимо выше ($p=0,001$). Данные изменения могут свидетельствовать о достаточно высоком уровне функционального состояния организма пожилых женщин.

У женщин в возрасте 65-69 лет значимые изменения наблюдаются в показателях «Длина шага» ($p_{1-3}=0,008$; $p_{2-3}<0,001$) при «Простой ходьбе», «Ширина шага» ($p_{1-3}=0,008$; $p_{2-3}<0,001$) и «Конечное колебание» ($p_{1-3}<0,001$; $p_{2-3}=0,002$) при «Тандемной ходьбе», а также «Время движения» с правой ($p_{1-3}<0,001$; $p_{2-3}=0,002$) и с левой ног ($p_{1-3}<0,001$; $p_{2-3}<0,001$) в тесте «Шаг/перешагивание» при сравнении с женщинами более молодого возраста.

Следует отметить, что при сравнении с контрольной группой значимые различия обнаружены и в показателях «Скорость ходьбы» при «Простой ходьбе» ($p_{1-3}<0,001$), «Время разворота в левую сторону» ($p_{1-3}<0,001$), «Колебание ЦТ при развороте» в левую ($p_{1-3}=0,003$) и правую стороны ($p_{1-3}<0,001$) в тесте «Быстрый разворот» и в «Индексе касания при движении с левой ноги» ($p_{1-3}=0,008$) в тесте «Шаг/перешагивание».

Выявленные изменения, вероятно, обусловлены снижением качества динамического компонента пострурального баланса при старении. Так, осознанное или неосознанное укорочение длины шага у пожилых людей можно рассматривать как способ минимизации смещения ЦТ при возрастных нарушениях баланса. Возрастное снижение скорости ходьбы может быть вызвано различными причинами. С одной стороны, это свидетельствует о

типичном возрастном изменении плавного автоматизма движений на поэлементный. С другой, это может являться следствием усиления самоконтроля при движении с возрастом. Увеличение ширины шага можно рассматривать как необходимость расширения плоскости опоры при выполнении сложно-координационных актов.

В свою очередь, в группе женщин 70-74 лет значимые различия обнаружены в показателях «Длина шага» ($p_{1-4}<0,001$; $p_{2-4}<0,001$; $p_{3-4}<0,001$) при «Простой ходьбе» и «Ширина шага» ($p_{1-4}<0,001$; $p_{2-4}<0,001$; $p_{3-4}=0,002$) при «Тандемной ходьбе» при сравнении с женщинами более молодого возраста.

При сравнении результатов группы женщин 70-74 лет с женщинами 55-59 и 60-64 лет значимые отличия обнаружены в показателях: «Скорость ходьбы» ($p_{1-4}<0,001$; $p_{2-4}<0,001$) при «Простой ходьбе», «Конечное колебание» ($p_{1-4}<0,001$; $p_{2-4}<0,001$) при «Тандемной ходьбе», «Время разворота» в правую ($p_{1-4}<0,001$; $p_{2-4}=0,005$) и левую ($p_{1-4}<0,001$; $p_{2-4}=0,004$) стороны в тесте «Быстрый разворот, «Индекс подъема» при движении с левой ($p_{1-4}=0,003$; $p_{2-4}=0,005$) и правой ног ($p_{1-4}=0,002$; $p_{2-4}=0,002$), «Время движения» с левой ($p_{1-4}<0,001$; $p_{2-4}<0,001$) и правой ($p_{1-4}<0,001$; $p_{2-4}<0,001$) ноги, а также в показателе «Индекс касания» при движении с правой ноги ($p_{1-4}<0,001$; $p_{2-4}=0,003$) в тесте «Шаг/перешагивание». Также, при сравнении показателей пострурального баланса женщин 70-74 лет с показателями контрольной группы, значимые различия, были выявлены в показателях «Колебание ЦТ при развороте» в левую ($p_{1-4}<0,001$) и правую стороны ($p_{1-4}<0,001$) в тесте «Быстрый разворот» и в «Индексе касания» при движении с левой ноги ($p_{1-4}<0,001$) в тесте «Шаг/перешагивание».

Таким образом, результаты исследования продемонстрировали, что в исследуемой выборке женщин 55-74 лет с возрастом происходит укорочение длины шага, снижение скорости ходьбы, ухудшение показателей выполнения сложно-координационных актов и увеличение времени разворотов, что может быть обусловлено множественными возрастными перестройками

функциональных систем организма, ответственных за поддержание постурального баланса. Выявленные изменения могут являться как следствием возрастных изменений опорно-двигательного аппарата, проявляющихся в снижении мышечной силы, тугоподвижности суставов, так и ухудшении реализации нейрофизиологического контроля за поддержанием постурального баланса. Подобные изменения вносят значительный вклад в снижение мобильности у лиц пожилого возраста, что в конечном итоге приводит к формированию малоподвижного образа жизни.

Корреляционная матрица у женщин 55-59 лет характеризуется относительно небольшим числом значимых связей в сравнении с женщинами более старших возрастных групп. В возрасте 55-69 лет происходит плавное увеличение количества значимых связей (23,15%; 24,73%; 31,05%, соответственно), достаточно устойчивое, скоординированное взаимоотношение показателей постурального баланса. Однако в группе женщин 70-74 лет эта тенденция сменяется резким снижением (14,21%) количества значимых связей, ведущим к ухудшению устойчивости в целом.

Проведенный факторный анализ выявил некоторое сходство факторных моделей взаимоотношения показателей постурального баланса у женщин в исследуемых группах, а также еще раз подтвердил выявленные ранее особенности. Факторная модель взаимоотношения показателей постурального баланса с возрастом претерпевает изменения.

Так, в возрастной группе 55-59 лет 1 фактор (17,9%) отражает мышечное усилие при подъеме на препятствие и скорость выполнения двигательного акта. 2 фактор (15,4%) характеризует время и точность выполнения разворота при ходьбе. 3 фактор (13,1%) отражает мышечное усилие при перешагивании через препятствие. 4 фактор (12,5%) – скорость и точность выполнения двигательного акта при вставании из положения сидя.

В возрастной группе 60-64 года происходят незначительные изменения в распределении факторов и их удельном весе, однако все они сохраняют свою структуру. На передний план выходит фактор (17,4%) определяющий

время и точность выполнения разворота при ходьбе. 2 фактор (13,3%) отражает мышечное усилие при подъеме на препятствие и скорость выполнения двигательного акта. 3 (12,8%) и 4 (11,6%) факторы остаются без изменений в компонентном составе.

В возрастной группе 65-69 лет 1 (20,5%), 2 (16,2%), и 3 (11,7%) факторы изменяются лишь в своем удельном весе. В компонентном составе изменения происходят только в 4 факторе (9,8%), здесь к нему относятся длина шага и скорость простой и сложной ходьбы.

Наибольшие изменения в компонентном составе факторов отмечены в возрастной группе 70-74 лет. Ведущим фактором (17,8%) по-прежнему остается время и точность выполнения разворота при ходьбе. Чуть менее значимым фактором (13,1%) выступает мышечное усилие при вставании из положения сидя, длину шага, скорость ходьбы. Скорость и точность выполнения двигательного акта при вставании из положения сидя и мышечное усилие при подъеме на препятствие соответствуют 3 (11,1%) и 4 (10,6%) факторам.

Таким образом, возрастной период 60-64 лет у женщин характеризуется достаточной сохранностью функциональных резервов организма, отражающейся лишь в неустойчивости при выполнении быстрых разворотов и в небольшом увеличении количества значимых корреляционных связей между показателями пострурального баланса. Периоду 65-69 лет свойственны выраженные нарушения пострурального баланса, характерно снижение эффективности выполнения сложных двигательных актов и большее увеличение количества значимых корреляционных связей. В период 70-74 лет происходят значительные нарушения пострурального баланса, что может быть связано с истощением функциональных резервов организма и началом развития дизадаптационных процессов.

Известно, что возраст является одним из наиболее значимых факторов риска падений. Наибольшее количество падений происходит среди людей старше 65 лет [32; 51; 136].

У пожилых женщин с синдромом падений при сравнении с группой женщин без падений установлено значимое снижение показателей: «Скорость колебания ЦТ» ($p=0,011$) в тесте «Вставание из положения сидя», «Длина шага» ($p=0,022$) и «Скорость ходьбы» ($p=0,013$) при «Простой ходьбе»; «Ширина шага» ($p=0,050$) и «Скорость» ($p=0,005$) при «Тандемной ходьбе»; «Время и Колебание ЦТ при развороте» в левую ($p=0,001$; $p=0,001$) и в правую ($p=0,001$; $p=0,001$) стороны» в тесте «Быстрый разворот»; «Индекс подъема» с левой и с правой ног ($p=0,001$; $p=0,001$) и «Время движения» ($p=0,008$; $p=0,017$) в тесте «Шаг/перешагивание».

Полученные результаты могут свидетельствовать об изменении нейрофизиологических механизмов, обеспечивающих удержание вертикальной позы при выполнении двигательных актов. Укорочение длины шага облегчает управление переносом ЦТ при ходьбе, а также может быть обусловлено страхом потери равновесия, что особенно актуально в зимние периоды в северных регионах.

Снижение качества выполнения сложно-координационных и сложных двигательных актов у женщин с постуральной нестабильностью свидетельствует об ухудшении управления балансом, что проявляется в необходимости увеличения плоскости опоры и как следствие, увеличении ширины шага и снижении скорости ходьбы.

Значимое увеличение времени движения при выполнении разворотов или перешагивания через препятствия может быть связано с усилением самоконтроля или с увеличением временных затрат на анализ информации и формирование моторного ответа. Однако, выявление индивидуальных, более детальных особенностей изменений рассматриваемых показателей, требует проведения дополнительного исследования уровней регуляции

постурального баланса, поскольку изменения могут быть обусловлены нарушениями на любом из них.

Матрица корреляций у женщин без падений характеризуется небольшим количеством значимых связей. У женщин без падений отмечено 30,0% значимых связей. В группе женщин с падениями значимых связей отмечено меньше – 29,47%. В результате анализа корреляционных матриц, выявлено снижение количества значимых связей у женщин с падениями в анамнезе. Это может свидетельствовать о начале нарушений взаимосвязи показателей постурального баланса.

При анализе факторной модели взаимоотношения показателей постурального баланса было выявлено, что в группе женщин без падений к наиболее значимому фактору (17,65%) относятся скоростно-силовые показатели выполнения сложных двигательных актов. Чуть менее весомым фактором (17,41%) является время и точность выполнения разворота при ходьбе. 3 фактор (10,62%) характеризует мышечное усилие при перешагивании через препятствие. 4 фактор (9,39%) отражает ширину шага и точность выполнения двигательного акта.

Однако в группе женщин с падениями наиболее весомый фактор (19,58%) включает время движения при выполнении двигательного акта на примере перешагивания через препятствие, а также длину шага и скорость простой ходьбы. 2 (14,52%) и 3 (10,92%) факторы остаются без изменений в компонентном составе, меняется лишь их удельный вес. 4 фактор (10,34%) отражает скорость и точность выполнения двигательного акта при вставании.

Избыток и дефицит МТ значительно изменяют способ движения тела в пространстве. Избыток МТ препятствует взаимодействию суставов и мышц, которые имеют решающее значение для функциональной способности и постуральном балансе [123; 190]. У женщин с дефицитом МТ при сравнении с группой женщин с нормальной МТ значимые различия обнаружены в показателе «Скорость ходьбы» ($p=0,009$) при «Простой ходьбе». У женщин с избытком МТ при сравнении с группой женщин с нормальной МТ значимые

различия выявлены в следующих показателях: «Индекс подъема» ($p=0,014$) при «Вставании из положения сидя» и «Ширина шага» ($p=0,009$) при «Простой ходьбе».

В свою очередь между группами женщин с дефицитом и избытком МТ значимые различия обнаружены в показателях: «Индекс подъема» и ($p=0,014$) «Скорость колебания ЦТ» ($p=0,012$) в тесте «Вставание из положения сидя», «Ширина шага» ($p<0,001$), «Скорость» ($p<0,001$) при «Простой ходьбе», «Ширина шага» ($p=0,010$) при «Тандемной ходьбе», «Время разворота» в правую ($p=0,014$) и левую ($p=0,015$) стороны, «Колебание ЦТ при развороте» в левую ($p=0,009$) и правую ($p=0,016$) стороны теста «Быстрый разворот», «Индекс подъема» ($p=0,011$) при движении с левой ноги и «Индекс касания» при движении с правой ноги ($p<0,001$) теста «Шаг/ перешагивание».

Вставание требует большей мышечной силы нижних конечностей, нежели другие двигательные акты, такие как простая или сложная ходьба. Кроме того, быстрота вставания зависит от мышечно-связочного аппарата коленных суставов. Снижение мышечной силы у пожилых лиц повышает риск преждевременного старения, что негативно отражается на функциональном состоянии женщин с избыточной МТ [97; 123]. Динамика изменений величины «Индекса подъема» свидетельствует о наличии тенденции к увеличению затрат мышечной силы, необходимой для вертикализации тела при вставании из положения сидя [120].

Выявленные изменения могут рассматриваться как процесс адаптивных перестроек параметров простой ходьбы при увеличении МТ. Таким образом, согласно полученным данным, значительные изменения элементов простой и тандемной ходьбы у лиц пожилого возраста могут являться предикторами снижения мобильности. Выявлено снижение адаптационных способностей к сложным двигательным актам. Таким образом, при оценке пространственно-временных характеристик движения у женщин 60-74 лет в зависимости от МТ: недостаток, норма, избыток, нами

отмечена динамика изменений величины индекса подъема, свидетельствующая о наличии тенденции к увеличению затрат мышечной силы, необходимой для вертикализации тела при вставании из положения сидя. В свою очередь значимое увеличение ширины шага и снижение скорости ходьбы у женщин с избытком МТ, по сравнению с женщинами с недостатком МТ, могут рассматриваться в качестве индикаторов процесса адаптивных перестроек параметров простой ходьбы, вызванных увеличением МТ.

Важно отметить, что в данной работе статистически значимые различия в большинстве случаев были выявлены между группами женщин пожилого возраста с дефицитом и избытком МТ; а относительно нормальной МТ - были только на уровне статистической тенденции, что позволяет нам судить лишь о том, что женщины с дефицитом МТ имеют значимо лучшее состояние постурального баланса, при сравнении с женщинами с избыточной МТ. Также, отмеченные разнонаправленные перестройки показателей динамического компонента постурального баланса еще раз подчеркивают, что тенденция их изменения в группе женщин с дефицитом МТ отражает позитивные сдвиги, и негативные – в группе с избыточной МТ, определяющие эффективность регуляции движений.

Полученные результаты могут свидетельствовать о нарушении на любом из уровней регуляции постурального баланса, а также связей между ними. По нашему мнению, для уточнения генеза изменений показателей постурального баланса необходимы дополнительные исследования. Использование тестов «Быстрый разворот» и «Простая ходьба» при диагностике параметров ходьбы может быть полезно для прогнозирования риска падений и снижения мобильности, а также для оценки качества и коррекции реабилитационных программ, связанных с изменениями постурального баланса.

У женщин с различным ИМТ корреляционная матрица характеризуется несколько увеличенным количеством значимых коэффициентов корреляции

в группах с дефицитом (42,63%) и избытком (32,11%) МТ по сравнению с группой женщин с нормальной МТ (20%).

При анализе факторных моделей постурального баланса у женщин с дефицитом, нормальной и избыточной МТ было выявлено, что распределение факторов, их структура и удельный вес в группах с дефицитом и избытком МТ значительно отличается от группы с нормальной МТ. Установлено, что в группе женщин с нормальной МТ 1 фактор (19,83%) характеризует общее время выполнения сложных двигательных актов при ходьбе. 2 фактор (17,7%) определяет точность выполнения двигательных актов. 3 фактор (12,36%) отражает мышечные усилия, мощностные показатели при выполнении различных двигательных актов. 4 фактор (9,63%) характеризует мышечное усилие при перешагивании через препятствие.

В группе женщин с дефицитом МТ наиболее значимый фактор (25,71%) определяет скоростно-силовые показатели выполнения двигательных актов. 2 фактор (15,68%) демонстрирует скоростные характеристики выполнения двигательных актов. 3 фактор (14,19%) характеризует время и точность выполнения разворота при ходьбе. 4 фактор (12,87%) определяет скорость и точность выполнения двигательного акта при вставании.

В группе женщин с избыточной МТ на передний план выходит фактор (24,55%) отражающий временные характеристики выполнения двигательных актов. 2 фактор (17,36%) включает время и точность выполнения разворота при ходьбе. 3 фактор (12,14%) характеризует мышечное усилие при перешагивании через препятствие. 4 фактор (9,78%) определяет скорость и точность выполнения двигательного акта при вставании. Очевидно, такие изменения могут быть следствием компенсаторно-приспособительных реакций организма для поддержания постурального баланса.

ВЫВОДЫ

1. У женщин в возрасте 60-69 лет происходит практически равномерное снижение показателей динамического компонента пострурального баланса: длины шага, скорости движения, качества выполнения сложно-координационных и сложных двигательных актов, а также увеличение ширины шага и конечного колебания при тандемной ходьбе. При этом отмечается увеличение количества значимых корреляционных связей между этими показателями, что свидетельствует о сохранении функционального состояния организма на определенном уровне, как проявление компенсаторно-приспособительных реакций.

2. Характерным для женщин 70-74 лет является резкое снижение показателей динамического компонента пострурального баланса с одновременным уменьшением количества значимых корреляционных связей, что можно рассматривать как возрастные дизадаптационные изменения пожилого организма.

3. При гериатрическом синдроме падений у женщин пожилого возраста наиболее значимые изменения пострурального баланса проявляются в укорочении шага при простой ходьбе, увеличении его ширины при тандемной ходьбе, увеличении скорости ходьбы при простой и тандемной ходьбе, увеличении времени реализации сложных двигательных актов и снижении эффективности выполнения сложных двигательных актов при развороте на 180° и при перешагивании через препятствие.

4. Изменение массы тела оказывает различное влияние на показатели динамического компонента пострурального баланса: при дефиците МТ женщины демонстрируют значимо более высокую скорость простой ходьбы; при избыточной МТ отмечаются значимо более высокие показатели ширины шага, и более низкие показатели мышечного усилия по отношению к МТ при вставании из положения сидя.

5. Наименьшее количество значимых коэффициентов корреляции

определено у женщин с нормальной МТ. Увеличение или снижение МТ влечет за собой рост количества значимых коэффициентов корреляции, что может свидетельствовать об активации компенсаторно-приспособительных реакций организма.

6. В факторной структуре показателей динамического компонента постурального баланса, при старении, синдроме падений и при различной МТ, ведущим является фактор, характеризующий скоростно-силовые показатели при реализации сложных двигательных актов.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Исследование динамического компонента постурального баланса рекомендуется включать в комплексную диагностику нарушений ходьбы у лиц пожилого возраста и при оценке эффективности лечебных, коррекционных, реабилитационных мероприятий, направленных на улучшение качества и продолжительности жизни людей пожилого возраста, а также для диагностики нарушений.

2. Для экспресс-диагностики возрастных особенностей постурального баланса целесообразно использовать тест «Шаг/перешагивание», при определении синдрома падений - тест «Быстрый разворот», а у женщин с дефицитом и избытком МТ - тест «Простая ходьба».

3. Разработанные в процессе исследования центильные таблицы для оценки постурального баланса у женщин 55-74 лет могут быть использованы в качестве нормативных данных основных параметров динамического компонента постурального баланса у женщин соответствующих возрастных групп.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

ДТ – Длина тела

ИМТ – Индекс массы тела

КС – Компьютерная стабилметрия

МТ – Масса тела

ОДА – Опорно-двигательный аппарат

ОЦМ – Общий центр масс

ЦНС – Центральная нервная система

ЦТ – Центр тяжести

ЭЭГ – Электроэнцефалограмма

ESTW – Конечное колебание, тест «Тандемная ходьба»

PSUOL – Индекс касания при перешагивании с левой ноги, тест «Шаг/перешагивание»

PSUOR – Индекс касания при перешагивании с правой ноги, тест «Шаг/перешагивание»

LUISUOL – Индекс подъема при перешагивании с левой ноги, тест «Шаг/перешагивание»

LUISUOR – Индекс подъема при перешагивании с правой ноги, тест «Шаг/перешагивание»

MTSUOL – Время движения при перешагивании с левой ноги, тест «Шаг/перешагивание»

MTSUOR – Время движения при перешагивании с правой ноги, тест «Шаг/перешагивание»

RISTS – Индекс подъема, тест «Вставание из положения сидя»

SLWA – Длина шага, тест «Простая ходьба»

SSQTL – Колебания при развороте в левую сторону, тест «Быстрый разворот»

SSQTR – Колебания при развороте в правую сторону, тест «Быстрый разворот»

STW – Скорость ходьбы, тест «Тандемная ходьба»

SVSTS – Скорость колебания ЦТ, тест «Вставание из положения сидя»

SWWA – Ширина шага, тест «Простая ходьба»

SWA – Скорость ходьбы, тест «Простая ходьба»

SWTW – Ширина шага, тест «Тандемная ходьба»

TSQTL – Время разворота в левую сторону, тест «Быстрый разворот»

TSQTR – Время разворота в правую сторону, тест «Быстрый разворот»

WTTSTS – Время перемещения веса, тест «Вставание из положения сидя»

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексеева, Н.С. Головокружение. Отоневрологические аспекты/ Н.С. Алексеева // 2-е издание М.: МЕДпресс-информ, 2017. – 184 с.
2. Андреев, Д.А. Интегральная характеристика эффективности постурального контроля как концептуальная платформа для оптимизации реабилитационных и восстановительных программ в спорте / Д.А. Андреев, В.В. Кармазин, С.А. Парастаев // Вестник Российского государственного медицинского университета. – 2017. – № 6. – С. 5–12.
3. Ахмадеева, Л.Р. Хронические болевые синдромы и постуральный баланс в геронтоневрологии / Л.Р. Ахмадеева, Э.М. Харисова, Б.А. Вейцман // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 4. – С. 390.
4. Бабанов, Н.Д. Влияние внешних ограничений на стопу человека при поддержании вертикальной позы / Н.Д. Бабанов, М.Д. Копыркин // Молодой ученый. – 2017. – №18 (152). – С. 24-27.
5. Байбулатова, Л.Ф. Нарушения ходьбы у лиц пожилого возраста: диагностика и комплексная реабилитация / Л.Ф. Байбулатова, Д.Р. Закирова, Х.И. Мамедов // Вестник современной клинической медицины. — 2016. – № 6 (9). – С. 115-119.
6. Батыршина, Г.Р. Кинезиотерапевтическая технология «Экзарта» в постурологическом контроле движения тела / Г.Р. Батыршина // Физическая культура. Спорт. Туризм. Двигательная рекреация. – 2016. – № 3 (1). – С. 26-29.
7. Белая, Ж.Е. Падения – важная социальная проблема пожилых людей. Основные механизмы развития и пути предупреждения / Ж.Е. Белая, Л.Я. Рожинская // Российский Медицинский журнал. – 2009. – № 24 (17). – С. 1614–1619.
8. Бернштейн, Н.А. Физиология движений и активность / Н.А. Бернштейн. – М.: Наука, 1990. – 495 с.

9. Брыжахина, В.Г. Нарушения ходьбы и равновесия у больных с дисциркуляторной энцефалопатией пожилого возраста: дис. ... канд. мед. наук: 14.00.13 / Брыжахина Валерия Геннадьевна. – М., 2002. – 136с.
10. Вашура, А.С. Патофизиологические и клинические аспекты биомеханики передвижения у пожилых людей / А.С. Вашура, А.Е. Литвинов, В. В. Фесенко [и др.] // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 2. – С. 67.
11. Величко, Т.А. Адаптивная локомоция человека: влияние сенсорных систем / Т.А. Величко, О.В. Богомаз // International Scientific Review of the Problems and Prospects of Modern Science and Education: XI International Science Conference. New York, USA – 08 March, 2016. – P. 221–223.
12. Воловец, С.А. Применение системы для восстановления статического и динамического равновесия у пациентов с последствиями острого нарушения мозгового кровообращения / С.А. Воловец, Е.Ю. Сергеенко, Л.Ю. Даринская, [и др.] // Лечебная физкультура и спортивная медицина. – 2017.– № 3 (141). – С. 20–26.
13. Гаевая, Ю.А. Возрастные изменения функции равновесия у женщин в возрасте 60-70 лет / Ю.А. Гаевая, Е.А. Баранова // В сборнике: Физическая культура, здравоохранение и образование Материалы X Международной научно-практической конференции, посвященной памяти В.С. Пирусского. Под редакцией В.Г. Шилько. – 2016. – С. 227–234.
14. Гореликов, А.Е. Современные аспекты стабилотрии и стабилотренинга в коррекции постуральных расстройств / А.Е. Гореликов, Е.А. Мельникова, М.А. Рассулова [и др.] // Доктор.Ру. – 2017. – № 11 (140). – С. 51–56.
15. Грибанов, А.В. Физиологические механизмы регуляции постурального баланса человека (обзор) / А.В. Грибанов, А.К. Шерстенникова // Журнал медико-биологических исследований. – 2013. – № 4. – С. 20–29.
16. Григорьева, В.Н. Классификация и диагностика апраксий / В.Н. Григорьева // Журнал неврологии и психиатрии. – 2015. – № 6. – С. 26–35.

17. Гудков, А.Б. Особенности постурального баланса у мужчин пожилого и старческого возраста с синдромом страха падения / А.Б. Гудков, А.В. Дёмин // Успехи геронтологии. – 2012. – № 1 (25). – С. 166–170.
18. Гудков, А.Б. Постуральный баланс у пожилого человека на Севере / А.Б. Гудков, А.В. Дёмин, А.В. Грибанов // Архангельск, 2014. – 196 с.
19. Гудков, А.Б. Характеристика постурального контроля у женщин пожилого возраста с синдромом падений / А.Б. Гудков, А.В. Дёмин, А.В. Грибанов // Успехи геронтологии. – 2015. – № 3 (28). – С. 513–520.
20. Гудков, А.Б. Возрастные особенности компонентов постурального контроля у женщин 55-64 лет / А.Б. Гудков, А.В. Дёмин, А.В. Грибанов [и др.] // Экология человека. – 2016. – № 11. – С. 35–41.
21. Гурфинкель, В.С. Физиология двигательной системы / В.С. Гурфинкель // Успехи физиологических наук. – 1994. – № 2 (25). – С. 83–88.
22. Гусев, Е.И. Клинические рекомендации. Неврология и нейрохирургия / под ред. Е.И. Гусева, А.Н. Коновалова, А.Б. Гехт // — М.: ГЭОТАР-Медиа, 2007. – 368 с.
23. Гусев, Е.И. Неврология: нац. рук-во / под ред. Е.И. Гусева, А.Н. Коновалова, В.И. Скворцова [и др.] // — М.: ГЭОТАР-Медиа, 2009. – С. 78–646.
24. Дамулин, И.В. Осторожная походка пожилых / И.В. Дамулин, Е.Д. Алешина // Российский медицинский журнал. – 2008. – № 2. – С. 50–53.
25. Дамулин, И.В. Постинсультные расстройства: патогенетические и клинические аспекты / И.В. Дамулин, Е.В. Кононенко // Актуальные вопросы болезни сердца и сосудов. – 2007. – № 3. – С. 4–9.
26. Дамулин, И.В. Деменция лобного типа / И.В. Дамулин, Е.В. Кононенко // Неврологический журнал. – 1997. – №1. – С. 37–42.
27. Дамулин, И.В. Падения / И.В. Дамулин, Н.Н. Яхно Справочник по диагностике и лечению заболеваний у пожилых: под. ред. Дворецкого Л.И., Лазебника Л.Б. // — М.: Новая волна, 2000. – С. 104–119.
28. Дёмин, А.В. Особенности постурального баланса у мужчин пожилого и

старческого возраста: дис. ... канд. биол. наук: 03.03.01 / Дёмин Александр Викторович. – Архангельск, 2011. – 190 с.

29. Дёмин, А.В. Особенности пострурального баланса у работающих и неработающих пожилых мужчин / А.В. Дёмин, А.В. Грибанов // Врач-аспирант. 2013. – № 1 (56). – С. 34–39.

30. Дёмин, А.В. Особенности движений центра тяжести у женщин 55-64 лет с риском развития гериатрического синдрома падений / А.В. Дёмин, А.В. Грибанов, М.Н. Панков, [и др.] // Журнал медико-биологических исследований. – 2018. – № 1 (6). – С. 5–13.

31. Дёмин, А.В. Характеристика пострурально-моторного контроля у женщин пожилого возраста с синдромом падений / А.В. Дёмин, Т.П. Мороз, А.В. Грибанов [и др.] // Экология человека. – 2016. – № 5. – С. 30–35.

32. Денискина, Н.В. Фронтальная устойчивость вертикальной позы человека: дис. ... канд. биол. наук: 03.00.28 / Денискина Наталья Владимировна. – М., 2009. – 124 с.

33. Доценко, В.И. Об актуальности и ведущих аспектах исследования позной регуляции методом компьютерной статокинезиметрии (стабилометрии) в клинической практике / В.И. Доценко // Поликлиника. – 2008. – № 2. – С. 37–39.

34. Дубовик, В. А. Современные аспекты исследования статокинетической функциональной системы человека / В.А. Дубовик, В.Г. Миронов, В.Н. Оксём // Новости оториноларингологии и логопатологии. – 2001. – № 4. – С. 92–98.

35. Дубовик, В.А. Методология оценки состояния статокинетической системы: дис. ... д-ра мед. наук: 14.00.04 / Дубовик Владимир Антонович – СПб, 1996 – 207 с.

36. Ермолаева, А.И. Экстрапирамидная система, координация движений и их расстройства: учебное пособие / А.И. Ермолаева, Г.А. Баранова // Пенза. – 2015. – 70 с.

37. Заболотный, А.Г. Возрастные изменения структуры цикла одиночного шага при ходьбе в пожилом возрасте / А. Г. Заболотный, А.О. Исаков, И.Э.

Тугуз [и др.] // Физическая культура, спорт – наука и практика. – 2012. – № 4. – С. 46–51.

38. Замерград, М.В. Вестибулярное головокружение / М.В. Замерград // Неврология, нейропсихиатрия, психосоматика. – 2009. – № 1. – С. 14–18.

39. Замерград, М.В. Нарушения равновесия у пожилых / М.В. Замерград // Неврология, нейропсихиатрия, психосоматика. – 2012. – №1. – С. 101-105.

40. Замерград, М.В. Вестибулярный нейронит / М.В. Замерград // Русский медицинский журнал «Неврология и Психиатрия». – 2008. – №12 (16). – С. 1630–1633.

41. Захарова, И.А. Компенсаторный потенциал при нормальном и патологическом старении / И.А. Захарова // Системная психология и социология. – 2013. – № 7 (1). – С. 65–74.

42. Зиновьева, Г.А. Старение организма и нарушение равновесия / Г.А. Зиновьева // Клиническая неврология. – 2014. – №4. – С. 37–45.

43. Зитева, О.О. Компьютерная стабилметрия в диагностике постуральных нарушений у пожилых: дис. ... канд. мед. наук: 14.01.11 / Зитева Олеся Олеговна – Самара, 2016. – 147 с.

44. Кадыков, А.С. Предикторы восстановления двигательных функций у больных после полушарного ишемического инсульта / А.С. Кадыков, Н.В. Шапаронова, Ю.Д. Бархатов // Клиническая неврология. – 2015. – № 3. – С. 3–6

45. Кадыков, А.С. Тесты и шкалы в неврологии: руководство для врачей / А.С. Кадыков; под ред. проф. А.С. Кадыкова, к.м.н. Л.С. Манвелова. – М.: МЕДпресс-информ, 2015. – 224 с.

46. Казенников, О.В. Сенсомоторное взаимодействие при поддержании позы и выполнении произвольных движений у человека: автореф. дис. ... д-ра. биол. наук: 03.01.09 / Казенников Олег Васильевич. – М., 2015. – 44 с.

47. Капилевич, Л.В. Возрастная морфология: учебное пособие / Л.В. Капилевич, А.В. Кабачкова, Е.Ю. Дьякова. – Томск: Томский государственный университет, 2009. – 207 с.

48. Капилевич, Л.В. Физиологическое обеспечение точности и координации движений в условиях неустойчивого равновесия и подвижной цели: (на примере ударов в спортивном карате) / Л.В. Капилевич, Ф.А. Гужов, Ю.П. Бредихина [и др.] // Теория и практика физической культуры. – 2014. – № 12. – С. 22–24.
49. Кривошей, И.В. Постуральный баланс у больных с генерализованным тревожным и паническим расстройствами в процессе лечения: автореф. дис. ... канд. мед. наук: 14.00.51 / Кривошей Ирина Викторовна. – М., 2008. – 191с.
50. Левин, О.С. Применение агонистов дофаминовых рецепторов в лечении болезни Паркинсона / О.С. Левин, Н.В. Федорова, И.Г. Смоленцева Диагностика и лечение экстрапирамидных расстройств. Под ред. В.Н. Штока. – М., 2000. – С. 48–58.
51. Лесняк, О.М. Падения как важная составная часть проблемы переломов у пожилых людей / О.М. Лесняк // Русский медицинский журнал. – 2008. – № 17 (16). – С. 1142–1146.
52. Лучихин, Л.А. Вестибулярные расстройства у лиц пожилого и старческого возраста / Л.А. Лучихин, С.Н. Деревянко, И.Я. Ганичкина // Вестник оториноларингологии. – 2000. – № 6. – С. 12–15.
53. Лытаев, С.А. Адаптивные механизмы системы движения. Патогенетическое обоснование раннего восстановительного лечения ортопедо-травматологических больных / С.А. Лытаев, Ю.А. Шанин, С.Б. Шевченко. – СПб: ЭЛБИ, 2001. – 270 с.
54. Мельников, А.А. Роль зрительной информации в сохранении устойчивости позы после максимальной нагрузки на мышцы верхних и нижних конечностей / А.А. Мельников, Р.Ю. Николаев., А.Д. Викулов // Физиология человека. – 2016. – № 4 (42). – С. 43–50.
55. Менджерицкий, А.М. Особенности постурального контроля и сенсомоторного реагирования у юных спортсменов / А.М. Менджерицкий, Г.В. Карантыш, Т.А. Степанова [и др.]. – Ростов-на-Дону, 2016. – 208 с.

56. Мороз, Т.П. Рекомендации по проведению исследования постурального контроля на компьютерном стабилметрическом комплексе "Balance Master" у женщин пожилого возраста / Т.П. Мороз, А.В. Дёмин. – Архангельск, 2015. – 31 с.
57. Мусиенко, П.Е. Спинально-стволовые механизмы интегративного контроля позы и локомоции: дисс. ... д-ра. мед. наук: 03.03.01 / Мусиенко Павел Евгеньевич. – СПб, 2014. – 340 с.
58. Мышкин, И.Ю. Физиология сенсорных систем и высшей нервной деятельности: учебное пособие / И.Ю. Мышкин. – Ярославль, 2008. – 168 с.
59. Поляев, Б.Б. Диагностика и коррекция постуральных проприоцептивных нарушений – современные тенденции / Б.Б. Поляев, Г.Е. Иванова, Е.С. Сабурова [и др.] // Лечебная физкультура и спортивная медицина. – 2017. – № 3 (141). – С. 51–55.
60. Прокопенко, С.В. Диагностика и реабилитация нарушений функции ходьбы и равновесия при синдроме центрального гемипареза в восстановительном периоде инсульта: клинические рекомендации / под ред. С.В. Прокопенко, Р.А. Бодрова. – М., 2015. – 46 с.
61. Прокопенко, С.В. Исследование особенностей зрительно – пространственного гнозиса у здоровых лиц в разные возрастные периоды жизни с использованием авторского метода трехмерного узнавания предмета / С.В. Прокопенко, Е.Ю. Можейко, М.В. Родиков [и др.] // International Journal of Applied and Fundamental Research. –2015. – № 8. – Р. 916-920.
62. Прощаев, К.И. Избранные лекции по гериатрии / К.И. Прощаев, А.Н. Ильницкий, С.С. Коновалов. – СПб.: прайм-ЕВРОЗНАК, 2008. – 800 с.
63. Сафонова, Ю.А. Методы оценки риска падений у людей старше 65 лет / Ю.А. Сафонова // Успехи геронтологии. – 2016. – № 3 (29). – С. 517-522.
64. Сафонова, Ю.А. Анализ стабилметрических показателей у людей старше 65 лет / Ю.А. Сафонова, В.Д. Емельянов // Вестник Северо-Западного государственного медицинского университета им. И.И. Мечникова. – 2017. – № 1 (9). – С. 89-95.

65. Сафонова, Ю.А. Синдром падений в пожилом и старческом возрасте / Ю.А. Сафонова, Е.Г. Зоткин // Успехи геронтологии. – 2016. – № 2 (29). – С. 342-346.
66. Сафонова, Ю.А. Падения как гериатрический синдром и методы их профилактики / Ю.А. Сафонова, Е.Г. Зоткин, Е.Н. Косильникова // Фарматека. – 2014. – № 10. – С. 40–43.
67. Сафонова, Ю.А. Факторы риска падений в пожилом возрасте / Ю.А. Сафонова, В.В. Цурко // Клиническая геронтология. – 2017. – № 5-6 (23). – С. 8-14.
68. Скворцов, Д.В. Стабилометрическое исследование: краткое руководство / Д.В. Скворцов. – М.: Маска, 2010. – 172 с.
69. Скворцов, И.А. Неврология развития / И.А. Скворцов. – М.: Литера, 2008. – 544 с.
70. Соловых, Е.А. Диагностика функционального состояния постуральной и зубочелюстной систем с учетом патогенетических механизмов внутрисистемной регуляции и межсистемного взаимодействия: дисс. ... д-ра. мед. наук: 14.01.14 / Соловых Евгений Анатольевич – М., 2017. – 330 с.
71. Триумфов, А. В. Топическая диагностика заболеваний нервной системы / А.В. Триумфов. – М.: МЕДпресс-информ, 2009. – С. 161–170.
72. Хомская, Е.Д. Нейропсихология: 4-е издание / Е.Д. Хомская. – СПб.: Питер, 2005. – 496 с.
73. Хузина, Г.Р. Нарушения равновесия и ходьбы как междисциплинарная проблема / Г.Р. Хузина, Д.Р. Закирова // Вестник современной клинической медицины. – 2012. – Приложение 1 (5).– С. 120–121.
74. Чермит, К.Д. Регрессивные изменения естественных локомоций в нисходящей ветви онтогенеза / К.Д. Чермит, А.Г. Заболотный, Э.И. Тугуз // Вестник Адыгейского государственного университета. Сер.:Естественно-математические и технические науки. – 2012. – № 4. – С. 76–85.
75. Чермит, К.Д. Разрушение ритма кинематических характеристик ходьбы в пожилом возрасте как признак регрессивных изменений / К.Д. Чермит, А.Г.

- Заболотный, Э.И. Тугуз // Вестник Адыгейского государственного университета. Серия 3: Педагогика и психология. – 2013. – №2 (117). – С. 166–171.
76. Черникова, Л.А. Оценка постуральных нарушений в клинике нервных болезней / Л.А. Черникова: материалы международного симпозиума «Клиническая постурология, поза и прикус». – СПб., 2004. – С. 47–52.
77. Шабалин, В.Н. Руководство по геронтологии: руководство для системы послевузовского образования врачей / под ред. Академика РАМН В.Н. Шабалина. – М.: Цитедель-трейд, 2005. – 800 с.
78. Шварц, Г.Я. Остеопороз, падения и переломы в пожилом возрасте: роль D-эндокринной системы / Г.Я. Шварц // Русский медицинский журнал. – 2008. – № 10 (16). – С. 1–10.
79. Юнищенко, Н.А. Нарушения ходьбы и постуральной устойчивости при болезни Паркинсона: дис. ... канд. мед. наук: 14.00.13 / Юнищенко Наталья Александровна – М., 2006. – 137 с.
80. Ястребцева, И.П. Нарушения постурального баланса при церебральном инсульте: дисс. ... д-ра. мед. наук: 14.01.11 / Ястребцева Ирина Петровна. – Иваново, 2011. – 293 с.
81. Ястребцева, И.П. Афферентный вариант формирования нарушений постурального баланса / И.П. Ястребцева, М.Г. Курчанинова // Лечебная физкультура и спортивная медицина. – 2017. – № 4 (142). – С. 12–19.
82. Abbruzzese, G., Rehabilitation for Parkinson's disease: current outlook and future challenges / G. Abbruzzese [et al.] // Parkinsonism Relat Disord. – 2016. – Vol. 22 (1). – P. 60–64.
83. Accreditation Canada, Canadian Institute for Health Information and Canadian Patient Safety Institute. Preventing Falls: From Evidence to Improvement in Canadian Health Care. Ottawa, ON: CIHI; – 2014.
84. Agostini, V. The role of central vision in posture: Postural sway adaptations in Stargardt patients / V. Agostini [et al.] // Gait Posture. – 2016. – Vol. 43. – P. 233–238.

85. Amado, A.C. Coupling of postural and manual tasks in expert performers / A.C. Amado [et al.] // *Hum Mov Sci.* – 2016. – Vol. 46. – P. 251–260.
86. Amiri, P. Ankle intrinsic stiffness changes with postural sway / P. Amiri, [et al.] // *J Biomech.* – 2019. – Vol. 85. – P. 50-58.
87. Angelucci, F. The effects of motor rehabilitation training on clinical symptoms and serum BDNF levels in Parkinson's disease subjects / F. Angelucci [et al.] // *Can J Physiol Pharmacol.* – 2016. – Vol. 94 (4). – P. 455–461.
88. Angleman, S. The role of waist circumference in predicting disability in preretirement age adults / S. Angleman [et al.] // *International Journal of Obesity.* – 2006. – Vol. 30; – P. 364–373.
89. Angyan, L. Factors affecting postural stability of healthy young adults / L. Angyan [et al.] // *Acta Physiol. Hung.* – 2007. – Vol. 94. – P. 289–299.
90. Arshad, Q. Age-Related Vestibular Loss: Current Understanding and Future Research Directions / Q. Arshad [et al.] // *Front Neurol.* – 2016. Vol. 7. – P. 231.
91. Arvin, M. Effects of narrow base gait on mediolateral balance control in young and older adults / M. Arvin [et al.] // *J Biomech.* – 2016; – Vol. 43: – P. 1264–1267.
92. Arvin, M. Hip abductor neuromuscular capacity: a limiting factor in mediolateral balance control in older adults? / M. Arvin [et al.] // *Clin Biomech.* – 2016; – Vol. 37: – P. 27–33.
93. Axer, H. Falls and gait disorders in geriatric neurology / H. Axer [et al.] // *Clin. Neurol. Neurosurg.* – 2010. – Vol. 112. – P. 265-274.
94. Baggio, J.A. Verticality perceptions associate with postural control and functionality in stroke patients / J.A. Baggio [et al.] // *PLoS One.* – 2016. – № 11 (3). – P. 1-11.
95. Baizabal-Carvallo, J.F. Movement disorders induced by deep brain stimulation / J.F. Baizabal-Carvallo [et al.] // *Parkinsonism Relat Disord.* – 2016. – Vol. 25. – P. 1–9.
96. Ballardini, G. Vibrotactile Feedback for Improving Standing Balance / G. Ballardini [et al.] // *Front Bioeng Biotechnol.* – 2020. – Vol. 8. – P. 94.

97. Ballesta-García, I. High-Intensity Interval Circuit Training Versus Moderate-Intensity Continuous Training on Functional Ability and Body Mass Index in Middle-Aged and Older Women: A Randomized Controlled Trial / I. Ballesta-García [et al.] // *Int J Environ Res Public Health*. – 2019. – Vol. 30 (21). – P. 42-45.
98. Barbieri, F.A. Recovery of gait after quadriceps muscle fatigue / F.A. Barbieri [et al.] // *Gait Posture*. – 2016. – Vol. 43. – P. 270–274.
99. Barbieri, F.A. Effects of disease severity and medication state on postural control asymmetry during challenging postural tasks in individuals with Parkinson's disease / F.A. Barbieri [et al.] // *Hum Mov Sci*. – 2016. – Vol. 46. P. 96–103.
100. Bartels, T. Postural stability and regulation before and after anterior cruciate ligament reconstruction - A two years longitudinal study / T. Bartels [et al.] // *Phys Ther Sport*. – 2019. – Vol. 38. P. 49–58.
101. Bashir, S. [et al.] Differential effects of motor cortical excitability and plasticity in young and old individuals: A Transcranial Magnetic Stimulation (TMS) study / S. Bashir [et al.] // *Front Aging Neurosci*. – 2014. Vol. 6. – P. 111.
102. Baudry, S. Vision and proprioception do not influence the excitability of the corticomotoneuronal pathway during upright standing in young and elderly adults / S. Baudry [et al.] // *Neuroscience*. – 2014. – Vol. 268. – P. 247–254.
103. Beauchet, O., The relationship between hippocampal volume and static postural sway: results from the GAIT study / O. Beauchet [et al.] // *Age (Dordr)*. – 2016. – Vol. 38 (1). – P. 19.
104. Ben Waer, F. Acute effects of low versus high caffeine dose consumption on postural balance in middle-aged women / F. Ben Waer [et al.] // *J Women Aging*. – 2020. – Vol. 5. P. 1-15.
105. Berrigan, F.F. Influence of obesity on accurate and rapid arm movement performed from standing posture / F.F. Berrigan [et al.] // *International Journal of Obesity*. - 2006. – Vol. 30 (12). P. 1750-1757.

106. Blaszczyk, W. [et al.] Effects of excessive body weight on postural control / W. Blaszczyk [et al.] // *J Biomech.* – 2009. – Vol. 42 (9). P. 1295-1300.
107. Bonnet, C.T. Active vision task and postural control in healthy, young adults: synergy and probably not duality / C.T. Bonnet [et al.] // *Gait Posture.* – 2016. – Vol. 48. P. 57–63.
108. Boonstra, T.A. Asymmetries in reactive and anticipatory balance control are of similar magnitude in Parkinson's disease patients / T.A. Boonstra [et al.] // *Gait Posture.* – 2016. – Vol. 43. P. 108–113.
109. Brandt, T. Vision and posture / T. Brandt [et al.] // *Disorders of posture and gait.* – Amsterdam: Elsevier Science Publishers B.V. – 1986. – P. 157–175.
110. Brown, L.A. Attentional demands and postural recovery: the effects of aging / L.A. Brown [et al.] // *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* – 1999. – Vol. 54. № 4. – P. 165–171.
111. Browning, R.C. Effects of obesity on the biomechanics of walking at different speeds / R.C. Browning [et al.] // *Med Sci Sport Exer.* – 2007. – Vol. 39 (9). P. 1632–1641.
112. Browning, R.C. Pound for pound: Working out how obesity influences the energetics of walking / R.C. Browning [et al.] // *J Appl Physiol.* – 2009. – Vol. 106 (6). – P. 1755–1756,
113. Buckland, A.J. Spinopelvic Compensatory Mechanisms for Reduced Hip Motion (ROM) in the Setting of Hip Osteoarthritis / A.J. Buckland [et al.] // *Spine Deform.* – 2019. – Vol. 7 (6). – P. 923–928.
114. Cadore, E.L. Effects of different exercise interventions on risk of falls, gait ability, and balance in physically frail older adults: a systematic review / E.L. Cadore [et al.] // *Rejuvenation Res.* – 2013. – Vol. 16 (2). P. 105–114.
115. Cadore, E.L. How to simultaneously optimize muscle strength, power, functional capacity, and cardiovascular gains in the elderly: an update / E.L. Cadore [et al.] // *Age (Dordr).* – 2013. Vol. 35 (6). P. 2329–2344.

116. Cadore, E.L. Neuromuscular adaptations to concurrent training in the elderly: effects of intrasession exercise sequence / E.L. Cadore [et al.] // *Age (Dordr)*. – 2013. – Vol. 35 (3). – P. 891–903.
117. Caetano, M.J.D. Age-related changes in gait adaptability in response to unpredictable obstacles and stepping targets / M.J.D. Caetano [et al.] // *Gait Posture*. – 2016. – Vol. 46. P. 35–41.
118. Cameron, I.D. Interventions for preventing falls in older people in care facilities and hospitals / I.D. Cameron [et al.] // *Cochrane Database Syst Rev*. – 2012. – Vol. 12 (12). – P. 54–65.
119. Campos, A.C.V. Prevalence of functional incapacity by gender in elderly people in Brazil: a systematic review with meta-analysis / A.C.V. Campos [et al.] // *Rev Bras Geriatr Gerontol*. – 2016. – Vol. 19 (3). – P. 545–559.
120. Cancela Carral, J.M. Relationships Between Body Mass Index and Static and Dynamic Balance in Active and Inactive Older Adults / J.M. Cancela Carral [et al.] // *J Geriatr Phys Ther*. – 2019. – Vol. 42 (4). P. 85–90.
121. Carr, J.H. Movement science foundation for physical therapy in rehabilitation / J.H. Carr [et al.] // Maryland: Aspen Publishers Inc. – 1987. – P. 31–49.
122. Cattagni, T. The involvement of ankle muscles in maintaining balance in the upright posture is higher in elderly fallers / T. Cattagni [et al.] // *Exp Gerontol*. – 2016; – Vol. 77: – P. 38–45.
123. Chambers, A.J. The effect of obesity and gender on body segment parameters in older adults / A.J. Chambers [et al.] // *Clin Biomech* – 2010. – Vol. 25 (2). – P. 131–136.
124. Choi, P. Silent infarcts and cerebral microbleeds modify the associations of white matter lesions with gait and postural stability: population-based study / P. Choi [et al.] // *Stroke*. – 2012. – Vol. 43 (6): – P. 1505–1510.
125. Chung, C.L.H. Effectiveness of resistance training on muscle strength and physical function in people with Parkinson's disease: a systematic review and

- meta-analysis / C.L.H. Chung [et al.] // *Clin Rehabil.* – 2016. – Vol. 30 (1). – P. 11–23.
126. Cicekli, E. Vestibular evoked myogenic potential responses in Parkinson's disease / E. Cicekli [et al.] // *Ideggyogy Sz.* – 2019. – Vol. 72 (11–12). – P. 419–425.
127. Coelho, A.R. Severe Dizziness Related to Postural Instability, Changes in Gait and Cognitive Skills in Patients with Chronic Peripheral Vestibulopathy / A.R. Coelho [et al.] // *Int Arch Otorhinolaryngol.* – 2020. – Vol. 24 (1). – P. 99–106.
128. Cofre Lizama, L.E. Can explicit visual feedback of postural sway efface the effects of sensory manipulations on mediolateral balance performance? / L.E. Cofre Lizama [et al.] // *J Neurophysiol.* – 2016. – Vol. 115. – P. 907–914.
129. Corbeil, P. Increased risk for falling associated with obesity: mathematical modeling of postural control / P. Corbeil [et al.] // *IEEE f Neur Sys Reh* – 2011. – Vol. 9 (2). – P. 126–136.
130. de Kam, D. The effect of weight-bearing asymmetry on dynamic postural stability in healthy young individuals / D. de Kam [et al.] // *Gait Posture.* – 2016; – Vol. 45. – P. 56–61.
131. Deliagina, T.G. Contribution of supraspinal systems to generation of automatic postural responses / T.G. Deliagina [et al.] // *Front Integr Neurosci.* – 2014. – Vol. 8. – P. 76.
132. Deliagina, T.G. Neural Bases of Postural Control / T.G. Deliagina [et al.] // *Physiology.* – 2006. – Vol. 21. – №. 3. – P. 216–225.
133. Dewan, B.M. Kinematic Validation of Postural Sway Measured by Biodex Biosway (Force Plate) and SWAY Balance (Accelerometer) Technology / B.M. Dewan [et al.] // *Biomed Res Int.* – 2019:8185710.
134. Di Giulio, I. Attainment of Quiet Standing in Humans: Are the Lower Limb Joints Controlled Relative to a Misaligned Postural Reference? / I. Di Giulio [et al.] // *Front Physiol.* – 2019. Vol. 10. – P. 6–25.

135. Dillon, C.F. Vision, hearing, balance, and sensory impairment in Americans aged 70 years and over: United States, 1999–2006 / C.F. Dillon [et al.] // NCHS Data Brief. – 2010. – № 31. – P. 1–8.
136. Domergue, H. The Use of Posturography in Investigating the Risk of Falling in Frail or Prefrail Older People with Diabetes / H. Domergue [et al.] // J Frailty Aging. – 2020; – Vol. 9 (1). – P. 44-50.
137. Dominguez, M.O. Bedside balance testing in elderly people / M.O. Dominguez [et al.] // Current aging science. – 2009. – Vol. 2. № 2. – P. 150–157.
138. Drijkoningen, D. Regional volumes in brain stem and cerebellum are associated with postural impairments in young brain-injured patients / D. Drijkoningen [et al.] // Hum Brain Mapp. – 2015. – 36 (12). – P. 4897–4909.
139. Droller, H. Falls among elderly people living at home // Geriatrics. – 1955. – Vol. 10. № 5. – P. 239–244.
140. Dunskey, A. The Effect of Balance and Coordination Exercises on Quality of Life in Older Adults: A Mini-Review // Front Aging Neurosci. – 2019. – Vol. 11. – P. 318.
141. Engelhart, D. Adaptation of multijoint coordination during standing balance in healthy young and healthy old individuals / D. Engelhart [et al.] // J Neurophysiol. – 2016. – Vol. 115 (3). – P. 1422–35.
142. Fine, W. An Analysis of 277 Falls in Hospital // Gerontology clinical. – 1959. – Vol. 1. – P. 292–300.
143. Foster, R.J. Centre of mass control is reduced in older people when descending stairs at an increased riser height // Gait Posture. – 2019. – Vol. 73. P. 305–314.
144. Gabell, A. The effect of age on variability in gait / A. Gabell [et al.] // J. Gerontol. – 1984. – Vol. 39. – P. 66.
145. Galli, M. Sit-to-stand movement analysis in obese subjects / M. Galli [et al.] // Int J Obesity. – 2006. – Vol. 24 (11). – P. 1488–1492.

146. Genoves, G.G. Attentional effects on sensorimotor coupling in postural control of young adults / G.G. Genoves [et al.] // *Exp Brain Res.* – 2016. – Vol. 234 (12). – P. 3641–3647.
147. Gholizadeh, H. The effect of various arm and walking conditions on postural dynamic stability when recovering from a trip perturbation / H. Gholizadeh [et al.] // *Gait Posture.* – 2020. – Vol. 76. – P. 284–289.
148. Gilleard, W.W. Effect of obesity on posture and hip joint moments during a standing task, and trunk forward flexion motion / W.W. Gilleard [et al.] // *International Journal of Obesity.* – 2007. – Vol. 31 (2). – P. 267–271.
149. Gillespie, L.D. Interventions for preventing falls in elderly people / L.D. Gillespie [et al.] // *Cochrane Database Syst. Rev.* – 2009. – Vol. 2. 199 p.
150. Gillespie, L.D. Interventions for preventing falls in older people living in the community / L.D. Gillespie [et al.] // *Cochrane Database Syst Rev.* – 2012. Vol. – 2. – 199p.
151. Ginis, S. Feasibility and effects of home-based smartphone-delivered automated feedback training for gait in people with Parkinson's disease: a pilot randomized controlled trial / S. Ginis [et al.] // *Parkinsonism Relat Disord.* – 2016. – Vol. 22. – P. 28–34.
152. Giuseppe, R. Comparison of tactile sensitivity in a group of elderly and young adults and children using a new instrument called a «Tangoceptometer» / R. Giuseppe [et al.] // *Archives of gerontology and geriatrics.* – 1994. – Vol. 18. № 3. – P. 207–214.
153. Goble, D.J. Brain activity during ankle proprioceptive stimulation predicts balance performance in young and older adults / D.J. Goble [et al.] // *J Neurosci.* – 2011. – Vol. 31 (45). – P.16344–16352.
154. Golestanirad, L. Efficacy and safety of pedunculopontine nuclei (PPN) deep brain stimulation in the treatment of gait disorders: a meta-analysis of clinical studies / L. Golestanirad [et al.] // *Can J Neurol Sci.* – 2016. – Vol. 43. – P. 120–126.

155. Grundstrom, A.C. Risk factors for falls and fall-related injuries in adults 85 years of age and older / A.C. Grundstrom [et al.] // *Arch Gerontol Geriatr.* – 2012. – Vol. 54 (3). – P. 421–428.
156. Haibach, P. Egomotion and vection in young and elderly adults / P. Haibach, [et al.] // *Gerontology.* – 2009. – Vol. 55. № 6. – P. 637–643.
157. Head, H. *Studies in Neurology* // Oxford. – 1920. – 352p.
158. Henderson, E.J. Rivastigmine for gait stability in patients with Parkinson's disease (ReSPonD): a randomised, double-blind, placebo-controlled, phase 2 trial / E.J. Henderson [et al.] // *Lancet Neurol.* – 2016. – Vol. 15 (3). – P. 249–258.
159. Herdman, S.J. *Vestibular rehabilitation. 3rd Edition* // Philadelphia: F.A. Davis Company. – 2007. – 504 p.
160. Hicks, C. Reduced strength, poor balance and concern about falls mediate the relationship between knee pain and fall risk in older people / C. Hicks [et al.] // *BMC Geriatr.* – 2020. – Vol. 20 (1). – P. 94.
161. Hirsch, M.A. Exercise-induced neuroplasticity in human Parkinson's disease: what is the evidence telling us? / M.A. Hirsch [et al.] // *Parkinsonism Relat Disord.* – 2016. – Vol. 22. Suppl 1. – P. 78–81.
162. Hlavackova, P. Do somatosensory conditions from the foot and ankle affect postural responses to plantar-flexor muscles fatigue during bipedal quiet stance? / P. Hlavackova [et al.] // *Gait Posture.* – 2012. – Vol. 36 (1). – P.16–19.
163. Hofgaard, J. Effects of a 6-Week Faroese Chain Dance Programme on Postural Balance, Physical Function, and Health Profile in Elderly Subjects: A Pilot Study / J. Hofgaard [et al.] // *Biomed Res Int.* – 2019:5392970.
164. Hoops, M.L. Does lower extremity osteoarthritis exacerbate risk factors for falls in older adults? / M.L. Hoops [et al.] // *Women's Health (Lond Engl).* – 2012. – Vol. 8 (6). – P. 685–696.
165. Horak, F.B. Postural orientation and equilibrium: what do we need to know about neural control of balance to prevent falls? // *Age Ageing.* – 2006. – Vol. 35 (s2). – P. 7–11

166. Hösl, M. Tempo-spatial gait adaptations in stroke patients when approaching and crossing an elevated surface / M. Hösl [et al.] // *Gait Posture*. – 2019. – Vol. 73. – P. 279–285.
167. Howell, T. H. Analysis of falls in old people // *Journal of the American Geriatrics Society*. – 1958. – Vol. 6. № 7. – P. 522–525.
168. Iluz, T. Can a body-fixed sensor reduce heisenberg's uncertainty when it comes to the evaluation of mobility? Effects of aging and fall risk on transitions in daily living / T. Iluz [et al.] // *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. – 2016. – Vol. 71 (11). – P. 1459–65.
169. Im, J.Y., The Effects of 12 Weeks of a Combined Exercise Program on Physical Function and Hormonal Status in Elderly Korean Women / J.Y. Im [et al.] // *Int J Environ Res Public Health*. – 2019. – Vol. 16 (21). – P. 41–96.
170. Ismail, H. Sway Risk Analysis Based on Age Group Classification / H. Ismail [et al.] // *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc*. – 2019. – P. 392–398.
171. Ito, T. Association Between Back Muscle Strength and Proprioception or Mechanoreceptor Control Strategy in Postural Balance in Elderly Adults with Lumbar Spondylosis / T. Ito [et al.] // *Healthcare (Basel)*. – 2020. – Vol. 10. № 8 (1). – P. 58.
172. Iwasaki, S. Dizziness and imbalance in the elderly: age-related decline in the vestibular system / S. Iwasaki [et al.] // *Aging Dis*. – 2014. – Vol. 6 (1). – P. 38–47.
173. Izquierdo, M. Exercise in people over 85 / M. Izquierdo [et al.] // *BMJ*. – 2020. – 368m402.
174. Jarvinen, T.L. Shifting the focus in fracture prevention from osteoporosis to falls // *BMJ*. – 2008. – Vol. 19. – № 336 (7636). – P. 124–126.
175. Johansson, R. Human postural dynamics / Johansson, R. [et al.] // *Critical reviews in biomedical engineering*. – 1991. – Vol. 18. № 6. – P. 413–437.
176. Jor'dan, A.J., Long-term Tai Chi Training Is Associated With Better Dual-task Postural Control and Cognition in Aging Adults / A.J. Jor'dan [et al.] // *Adv Mind Body Med*. – 2018. – Vol. 32 (3). – P. 4–11.

177. Karlsson, M.K. Prevention of falls in the elderly—a review / M.K. Karlsson [et al.] // *Osteoporos Int.* – 2013. – Vol. 24 (3): – P. 747–762.
178. Khan, S. Somatosensory cortex functional connectivity abnormalities in autism show opposite trends, depending on direction and spatial scale / S. Khan, [et al.] // *Brain.* – 2015. – 138 (Pt. 5). – 1394–1409.
179. Kluger, B.M. Parkinson’s disease-related fatigue: a case definition and recommendations for clinical research / B.M. Kluger [et al.] // *Mov Disord.* – 2016. – 31 (5). – P. 625–631.
180. Kneis, S. Altered postural timing and abnormally low use of proprioception in lumbar spinal stenosis pre- and post- surgical decompression / S. Kneis [et al.] // *BMC Musculoskelet Disord.* – 2019. – Vol. 20 (1). – P. 183.
181. Ko, J.H. Aging and the complexity of center of pressure in static and dynamic postural tasks / J.H. Ko [et al.] // *Neurosci Lett.* – 2016. – Vol. 610. – P. 104–109.
182. Kristinsdottir, E.K. Asymmetric vestibular function in the elderly might be a significant contributor to hip fractures / E.K. Kristinsdottir [et al.] // *Scand J Rehabil Med.* – 2000. – Vol. 32. – P. 56–60.
183. LaFont, C. Falls, Gait and Balance Disorders in the Elderly: From Successful Aging to Frailty (Facts and Research in Gerontology) / C. LaFont [et al.] // New York: Springer Publishing Company. – 1996. – 185 p.
184. Lamothe, C.J. Gait stability and variability measures show effects of impaired cognition and dual tasking in frail people / C.J. Lamothe [et al.] // *J Neuroeng Rehabil.* – 2011. – Vol. 8. – P. 2.
185. Lauenroth, A. Does low back pain affect the reliability of postural regulation? / A. Lauenroth [et al.] // *Somatosens Mot Res.* – 2019. – Vol. 36 (2). – P. 116–121.
186. Le Ray, D. Chapter 4 – supraspinal control of locomotion: the mesencephalic locomotor region / D. Le Ray [et al.] // *Prog Brain Res.* – 2011. – Vol. 188. = P. 51–70.

187. Lee, J.J. Relationship Between Obesity and Balance in the Community-Dwelling Elderly Population: A Cross-Sectional Analysis / J.J. Lee [et al.] // *Am J Phys Med Rehabil.* – 2020. – Vol. 99 (1). – P. 65–70.
188. Lee, W.K. Effect of preexisting musculoskeletal diseases on the 1-year incidence of fall-related injuries / W.K. Lee [et al.] // *J Prev Med Public Health.* – 2012. – Vol. 45 (5). – P. 283–290.
189. Lemos, L.F.C. Correlations between the center of mass and the center of pressure in elderly active / L.F.C. Lemos [et al.] // *R Bras Ci e Mov.* – 2015. – Vol. 23 (1). – P. 31–39.
190. Li, X. The effect of short-term changes in body mass distribution on feed-forward postural control / X. Li [et al.] // *Journal of Electromyography and Kinesiology.* – 2009. – Vol. 19 (5). – P. 931–941.
191. Ljmker, T. Gait and cognition: the relationship between gait stability and variability with executive function in persons with and without dementia / T. Ljmker [et al.] // *Gait Posture.* – 2012. – Vol. 35 (1). – P. 126–30.
192. Lord, S.R. Falls in Older People: Risk Factors and Strategies for Prevention, 2nd Edition / S.R. Lord [et al.] // New York: Cambridge University Press/ – 2007. – 408 p.
193. Lord, S.R. Visual risk factors for falls in older people / S.R. Lord [et al.] // *American Geriatrics Society.* – 2011. – Vol. 49. № 5. – P. 508–515.
194. Low, P.A. Prevalence of orthostatic hypotension // *Clin Auton Res.* – 2008. – Vol. 18. – Suppl 1. – P. 8–13.
195. Lowry, K.A. Contributions of cognitive function to straight- and curved-path walking in older adults / K.A. Lowry [et al.] // *Arch Phys Med Rehabil.* – 2012. – Vol. 93. – P. 802–807.
196. Lurie, J. D. Surface Perturbation Training to Prevent Falls in Older Adults: A Highly Pragmatic, Randomized Controlled Trial / J.D. Lurie [et al.] // *Physical Therapy.* – 2020. – Vol. 100 (7). – pzaa023.

197. Lyon, M.J. Blood flow and assessment of capillaries in the aging rat posterior canal crista / M.J. Lyon [et al.] // *Hear Res.* – 1993. – Vol. 67 (1–2). –P. 157–165.
198. M V. Design, Implementation and Preliminary Testing of a Novel Orthosis for Reducing Erector Spinae Muscle Activity, and Improving Balance Control for Hyperkyphotic Elderly Subjects / V. M [et al.] // *J Biomed Phys Eng.* – 2020. –Vol. 10 (1). – P. 75–82.
199. Ma, Q. Coronal Balance vs. Sagittal Profile in Adolescent Idiopathic Scoliosis, Are They Correlated? / Q. Ma [et al.] // *Front Pediatr.* – 2020. Vol. –7. – P. 523.
200. Mager, D.R. Orthostatic hypotension: pathophysiology, problems, and prevention. *Home Healthc Nurse.* – 2012. – Vol. 30 (9). – P. 525–530. quiz 530–2.
201. Mahlknecht, P. Prevalence and burden of gait disorders in elderly men and women aged 60-97 years: a population-based study / Mahlknecht P. [et al.] // *PLoS One.* – 2013. – Vol. 8. – Iss. 7. – P. 1–7.
202. Major, M.J. Effects of Upper Limb Loss or Absence and Prosthesis Use on Postural Control of Standing Balance / M.J. Major [et al.] // *Am J Phys Med Rehabil.* – 2019. – P. 1–8.
203. Maki, B. E. Cognitive demands and cortical control of human balance-recovery reactions / B.E. Maki [et al.] // *J. Neural Transm. Vienna.* – 2007. – Vol. 114 (10). – P. 1279–1296.
204. Maktouf, W. Influence of Obesity and Impact of a Physical Activity Program on Postural Control and Functional and Physical Capacities in Institutionalized Older Adults: A Pilot Study / W. Maktouf [et al.] // *J Phys Act Health.* – 2019. – Vol. 19. – P. 1–8.
205. Martens, K.A.E. Evaluating the link between dopaminergic treatment, gait impairment, and anxiety in Parkinson’s disease / K.A.E. Martens [et al.] // *Mov Disord Clin Pract.* – 2016. – Vol. 3 (4).

206. Matrangola, S. The effects of obesity on balance recovery using an ankle strategy / S. Matrangola [et al.] // *Hum Movement Sci.* – 2011. – Vol. 20 (3). – P. 584–595.
207. Mazo, G.Z. Association between participation in community groups and being more physically active among older adults from Florianopolis / G.Z. Mazo [et al.] // *Brazil Clin.* – 2011. – Vol. 66 (11). – P. 1861–1866.
208. McGinnis, S.M. Age-related changes in the thickness of cortical zones in humans / S.M. McGinnis, [et al.] // *Brain Topogr.* – 2011. – Vol. 24 (3–4). – P. 279–291.
209. Miryutova, N.F. The integral estimation of health problems and effectiveness of stage rehabilitation in patients after ischemic stroke / N.F. Miryutova [et al.] // *Vopr Kurortol Fizioter Lech Fiz Kult.* – 2019. – Vol. 96 (6). – P. 5–16.
210. Moke, L. The Transverse Gravitational Deviation Index, a Novel Gravity Line-Related Spinal Parameter, Relates to Balance Control and Health-Related Quality of Life in Adults With Spinal Deformity / L. Moke [et al.]. // *Spine.* – 2020. – Vol. 1. № 45 (1). – P. 25–36.
211. Monteiro, E.P. Effects of Nordic walking training on functional parameters in Parkinson's disease: a randomized controlled clinical trial / E.P. Monteiro [et al.] // *Scand J Med Sci Sports.* – 2016. – Vol. 27 (3). – P. 351–358.
212. Moon, B.J. Natural history and aggravating factors of sagittal imbalance in marked sagittal deformity compared with mild to moderate sagittal deformity: A prospective cohort study / B.J. Moon [et al.] // *Medicine (Baltimore).* – 2020. – Vol. 99 (11):e19551.
213. Moreira, M.D. The association between nursing diagnoses and the occurrence of falls observed among elderly individuals assisted in an outpatient facility / M.D. Moreira [et al.] // *Rev Latinoam Enferm.* – 2007. – Vol. 15 (2). – P. 311–317.
214. Moro, E. Referring Parkinson's disease patients for deep brain stimulation: a RAND/UCLA appropriateness study / E. Moro [et al.] // *J Neurol.* – 2016. – Vol. 263. – P. 112–119.

215. Muraki, S. Risk factors for falls in a longitudinal population-based cohort study of Japanese men and women: the ROAD Study / S. Muraki [et al.] // *Bone*. – 2013. – Vol. 52 (1). – P. 516–523.
216. Murray, M.E., Functional impact of white matter hyperintensities in cognitively normal elderly subjects / M.E. Murray [et al.] // *Arch Neurol*. – 2010. – Vol. 67 (11). – P. 1379–1385.
217. Nakagawa, H.B. Postural balance and functional independence of elderly people according to gender and age: cross-sectional study Sao Paulo / H.B. Nakagawa [et al.] // *Med J*. – 2017. – Vol. 135 (3). – P. 260-265.
218. Nashner, L.M. The organization of human postural movements: A formal basis and experimental synthesis / L.M. Nashner [et al.] // *The Behavioral and Brain Sciences*. – 1985. – Vol. 8. – № 1. – P. 135–150.
219. Nepocatych, S. The effects of unstable surface balance training on postural sway, stability, functional ability and flexibility in women / S. Nepocatych [et al.] // *J Sports Med Phys Fitness*. – 2018. – Vol. 58 (1-2). – P. 27-34.
220. Nutt, J. G. Human walking and higher level gait disorders, particularly in the elderly / J. G. Nutt [et al.] // *Neurology*. – 1993. – V. 43. – P. 268–279.
221. Obata, H. Posture-related modulation of cortical excitability in the tibialis anterior muscle in humans / H. Obata [et al.] // *Brain Res*. – 2014. – Vol. 1577. – P. 29–35.
222. Oliveira, M.R. How many balance task trials are needed to accurately assess postural control measures in older women? / M.R. Oliveira [et al.] // *J Bodyw Mov Ther*. – 2019. – Vol. 23 (3). – P. 594-597.
223. Onambele G.L., [et al.] Calf muscle-tendon properties and postural balance in old age / G.L. Onambele [et al.] // *Journal of Applied Physiology*. – 2006. – Vol. 100. – № 6. – P. 2048–2056.
224. Palmer, T.B. Relationships between hamstring morphological characteristics and postural balance in elderly men / T.B. Palmer [et al.] // *J Musculoskelet Neuronal Interact*. – 2020. – Vol. 20 (1). – P. 88-93.

225. Papegaaij, S. Intracortical inhibition in the soleus muscle is reduced during the control of upright standing in both young and old adults / S. Papegaaij [et al.] // *Eur J Appl Physiol.* – 2016. – Vol. 116. – P. 959–967.
226. Papegaaij, S. Aging causes a reorganization of cortical and spinal control of posture / S. Papegaaij [et al.] // *Front Aging Neurosci.* – 2014. – № 6. – P. 28.
227. Papegaaij, S. Postural challenge affects motor cortical activity in young and old adults / S. Papegaaij [et al.] // *Exp Gerontol.* – 2016. – Vol. 73. – P. 78–85.
228. Park, K. Effects of aging and Parkinson's disease on joint coupling, symmetry, complexity and variability of lower limb movements during gait / K. Park [et al.] // *Clin Biomech.* – 2016. – Vol. 33. – P. 92–97.
229. Pasman, E.P. Novel MRI Compatible Balance Simulator to Detect Postural Instability in Parkinson's Disease / E.P. Pasman [et al.] // *Front Neurol.* – 2019. – Vol. 10. – P. 922.
230. Patino, C.M. Los Angeles Latino Eye Study Group. Central and peripheral visual impairment and the risk of falls and falls with injury / C.M. Patino [et al.] // *Ophthalmology.* – 2010. – Vol. 117 (2). – P. 199–206.
231. Patla, A.E. Balance control in the elderly: implications for clinical assessment and rehabilitation / A.E. Patla [et al.] // *The Canadian Journal of Public Health.* – 1992. – Vol. 83 (2). – P. 29–33.
232. Peel, N.M. Epidemiology of falls in older age / N.M. Peel // *Can. J. Aging.* – 2011. – Vol. 30 (1). – P. 7-19.
233. Pieruccini-Faria, F. Insight into dopamine-dependent planning deficits in Parkinson's disease: a sharing of cognitive & sensory resources / F. Pieruccini-Faria [et al.] // *Neuroscience.* – 2016. – Vol. 318. – P. 219–229.
234. Pirker, W. Gait disorders in adults and the elderly: A clinical guide / W. Pirker [et al.] // *Wien Klin Wochenschr.* – 2017. – Vol. 129 (3-4). – P. 81-95.
235. Plummer, P. Effects of physical exercise interventions on gait-related dual-task interference in older adults: a systematic review and meta-analysis / P. Plummer [et al.] // *Gerontology.* – 2016. Vol. 62 (1). – P. 94–117.

236. Poulain, I. Age-related changes of visual contribution in posture control / I. Poulain [et al.] // *Gait & posture*. – 2008. – Vol. 27 (1). – P. 1–7.
237. Price, G. Weight, shape, and mortality risk in older persons: Elevated waist-hip ratio, not high body mass index, is associated with a greater risk of death / G. Price [et al.] // *American Journal of Clinical Nutrition*. – 2006. – Vol. 84 (2). – P. 449–460.
238. Radtke-Schuller, S. Restricted loss of olivocochlear but not vestibular efferent neurons in the senescent gerbil (*Meriones unguiculatus*) / S. Radtke-Schuller [et al.] // *Front Aging Neurosci*. – 2015. – Vol. 7.
239. Ray, C.T. The impact of vision loss on postural stability and balance strategies in individuals with profound vision loss / C.T. Ray [et al.] // *Gait & Posture*. – 2008. – Vol. 28 (1). – P. 58–61.
240. Reed-Jones, R.J. Vision and falls: a multidisciplinary review of the contributions of visual impairment to falls among older adults / R.J. Reed-Jones [et al.] // *Maturitas*. – 2013. – Vol. 75 (1). P. 22–28.
241. Remaud, A. Age and muscle-dependent variations in corticospinal excitability during standing tasks / A. Remaud [et al.] // *PLoS One*. – 2014. – Vol. 9 (10). – e110004.
242. Ribeiro, F. Aging effects on joint proprioception: the role of physical activity in proprioception preservation / F. Ribeiro [et al.] // *European Review of Aging and Physical Activity*. – 2007. – Vol. 4 (2). – P. 71–76.
243. Rinaldi, N.M. Older adults with history of falls are unable to perform walking and prehension movements simultaneously / N.M. Rinaldi [et al.] // *Neuroscience*. – 2016. – №. 316. – P. 249–260.
244. Rodrigues, S.T. Postural control during cascade ball juggling: effects of expertise and base of support / S.T. Rodrigues [et al.] // *Percept Mot Skills*. – 2016. – Vol. 123 (1). – P. 279–294.
245. Salot, P. Reactive balance in individuals with chronic stroke: biomechanical factors related to perturbation-induced backward falling / P. Salot [et al.] // *Phys Ther*. – 2016. – Vol. 96 (3). – P. 338–347.

246. Salzman, B. Gait and balance disorders in older adults / B. Salzman // *Am Fam Physician*. – 2010. – Vol. 82(1). – P. 61–68.
247. Sant'Anna do Carmo Aprigio, P. Lower limb muscle fatigability is not associated with changes in movement strategies for balance control in the upright stance / P. Sant'Anna do Carmo Aprigio [et al.] // *Hum Mov Sci*. – 2020. – № 70. – 102588.
248. Santos, P.C.R. Effects of leg muscle fatigue on gait in patients with Parkinson's disease and controls with high and low levels of daily physical activity / P.C.R. Santos [et al.] // *Gait Posture*. – 2016. – № 47. – P. 86–91.
249. Schlick, C. Visual cues combined with treadmill training to improve gait performance in Parkinson's disease: a pilot randomized controlled trial / C. Schlick [et al.] // *Clin Rehabil*. – 2016. – Vol 30 (5). – P. 463–471.
250. Shapovalova, M.V. Persistent postural perceptual dizziness of the elderly / M.V. Shapovalova [et al.] // *Zh Nevrol Psikhiatr Im S S Korsakova*. – 2019. – № 119. – P. 5–9.
251. Shaw, B.H. The relationship between orthostatic hypotension and falling in older adults / B.H. Shaw [et al.] // *Clin Auton Res*. – 2014. – Vol. 24(1). – P. 3–13.
252. Sheldon, J.H. On the Natural History of Falls in Old Age / J.H. Sheldon // *British medical journal*. – 1960. – Vol. 2. – P. 1685–1690.
253. Shen, X. Effects of exercise on falls, balance, and gait ability in Parkinson's disease: a meta-analysis / X. Shen [et al.] // *Neurorehabil Neural Repair*. – 2016. – Vol. 30(6). – P. 512–527.
254. Shumway-Cook, A. *Motor Control: Translating Research into Clinical Practice*. 4th Edition / A. Shumway-Cook [et al.] // Philadelphia: Lippincott, Williams & Wilkins, 2011. – 656 p.
255. Shumway-Cook, A. Assessing the influence of sensory interaction on balance / A. Shumway-Cook [et al.] // *Phys. Ther*. – 1986. – Vol. 10. – P. 1548–1550.

256. Sibley, K.M. Autonomic contributions in postural control: a review of the evidence / K.M. Sibley [et al.] // *Rev Neurosci.* – 2014. – Vol. 25 (5). – P. 687–697.
257. Simoes, L.A. Relationship between functional capacity assessed by walking test and respiratory and lower limb muscle function in community dwelling elders / L.A. Simoes [et al.] // *Rev Bras Fisioter.* – 2010. – Vol. 14 (1). – P. 24–30.
258. Sitti, I. Effect of subthalamic nucleus stimulation on pedunculopontine nucleus neural activity / I. Sitti [et al.] // *Stereotact Funct Neurosurg.* – 2016. – № 94. – P. 54–59.
259. Smith, P.F. Age-Related Neurochemical Changes in the Vestibular Nuclei / P.F. Smith // *Front Neurol.* – 2016. – Vol. 7. – P. 25-32.
260. Smyth, N. Attenuated cortisol reactivity to psychosocial stress is associated with greater visual dependency in postural control / N. Smyth [et al.] // *Psycho-neuro-endocrinology.* – 2019. – Vol. 104. – P. 185–190.
261. Sotirakis, H. Swaying to the complex motion of a visual target affects postural sway variability / H. Sotirakis [et al.] // *Gait Posture.* – 2020. – Vol.. 77. – P. 125–131.
262. Souvestre, P.A. New Paradigm for Understanding In-Flight Decision Making Errors: a Neurophysiological Model Leveraging Human Factors / P.A. Souvestre [et al.] // *Hippokratia.* – 2008. – Vol. 12 (1). – P. 78–83.
263. Stapleton, C.A. Four-item falls-risk screening tool for sub-acute and residential care: The first step in falls prevention / C.A. Stapleton [et al.] // *Australasian Journal on Ageing.* – 2009. – Vol. 28 (3). – P. 139–143.
264. Teixeira, L.A. Regulation of dynamic postural control to attend manual steadiness constraints / L.A. Teixeira [et al.] // *J Neurophysiol.* – 2018. – Vol. 120 (2). – P. 693–702.
265. Thaler-Kall, K. Description of spatio-temporal gait parameters in elderly people and their association with history of falls: results of the population-based cross-sectional KORA-Age study / K. Thaler-Kall [et al.] // *BMC Geriatrics.* – 2015. – № 15. – 32 p.

266. Tideiksaar, R. Falls in Older People: Prevention & Management, Fourth Edition / R. Tideiksaar. – Baltimore: Health Professions, 2010 – 312 p.
267. Tinetti, M.E. The patient who falls: “It’s always a trade-off” / M.E. Tinetti [et al.] // JAMA. – 2010. – Vol. 303 (3). – P. 258–266.
268. Toledo, D.R. Age-related differences in EEG beta activity during an assessment of ankle proprioception / D.R. Toledo [et al.] // Neurosci Lett. – 2016. – № 622. P. 1–5.
269. Toledom, D.R. Cortical correlates of response time slowing in older adults: ERP and ERD/ERS analyses during passive ankle movement / D.R. Toledo [et al.] // Clin Neurophysiol. – 2016. – Vol. 127 (1). – P. 655–663.
270. Ungar, A. Fall prevention in the elderly / A. Ungar [et al.] // Clin Cases Miner Bone Metab. – 2013. – Vol. 10 (2). – P. 91–95.
271. Verghese, J. Epidemiology of gait disorders in community-residing older adults / J. Verghese [et al.] // J Am Geriatr Soc. – 2006. – Vol. 54 (2). – P. 255–261.
272. Vickers, J.N. Origins and current issues in Quiet Eye research / J.N. Vickers // Curr Issues Sport Sci. – 2016. – № 1. – P. 101.
273. Vidal, P.P. Chapter 28: the vestibular system. 4th ed. / P.P. Vidal [et al.] in: Paxinos G, editor. The Rat Nervous System. – San Diego: Academic Press, 2014. – P. 805–864.
274. Vitorio, R. Synchrony of gaze and stepping patterns in people with Parkinson’s disease / R. Vitorio [et al.] // Behav Brain Res. – 2016. – № 307. – P. 159–164.
275. Vorovenci, R.J. Therapy-resistant symptoms in Parkinson’s disease / R.J. Vorovenci [et al.] // J Neural Transm. – 2016. – Vol. 123 (1). – P. 19–30.
276. Vuillerme, N. Trunk extensor muscles fatigue affects undisturbed postural control in young healthy adults / N. Vuillerme [et al.] // Clinical biomechanics. – 2007. – Vol. 22 (5). – P. 489–494.
277. Wade, M. The role of vision and spatial orientation in the maintenance of posture / M. Wade [et al.] // Physical Therapy. – 1997. – Vol. 77 (6). – P. 619–628.

278. Wang, J. Adult age differences in eye movements during reading: the evidence from Chinese / J. Wang [et al.] // *The Journals of Gerontology: Series B: Psychological Sciences and Social Sciences*. – 2018. – Vol. 73 (4). – P. 584–593.
279. Westcott, S.L. Evaluation of postural stability in children: current theories and assessment tools / S.L. Westcott [et al.] // *Physical Therapy*. – 1997. – Vol. 77 (6). – P. 629–645.
280. Wichmann, T. Deep brain stimulation for movement disorders of basal ganglia origin: restoring function or functionality? / T. Wichmann [et al.] // *Neurotherapeutics*. – 2016. – Vol. 13 (2). – P. 264–283.
281. Winter, D.A. *Biomechanics and Motor Control of Human Movement*, 4th Edition / D.A. Winter. – New York: John Wiley, 2009. – 384 p.
282. Wu, K.W. Altered balance control in thoracic adolescent idiopathic scoliosis during obstructed gait / K.W. Wu [et al.] // *PLoS One*. – 2020. – Vol. 15 (2). – e0228752.
283. Yingyongyudha, A. The Mini-Balance Evaluation Systems Test (Mini-BESTest) demonstrates higher accuracy in identifying older adult participants with history of falls than do the BESTest, berg balance scale, or timed up and go test / A. Yingyongyudha [et al.] // *J Geriatr Phys Ther*. – 2016. – Vol. 39. – P. 64–70.
284. Yoon, B. Balance and Mobility Performance Along the Alzheimer's Disease Spectrum / B. Yoon [et al.] // *J Alzheimers Dis*. – 2020. – Vol. 73 (2). – P. 633–644.
285. Youkhana, S. Yoga-based exercise improves balance and mobility in people aged 60 and over: a systematic review and metaanalysis / S. Youkhana [et al.] // *Age Ageing*. – 2016. – Vol. 45. – P.21–29.
286. Yousif, N. The effect of pedunculopontine nucleus deep brain stimulation on postural sway and vestibular perception / N. Yousif [et al.] // *Eur J Neurol*. – 2016. – №23. P. 668–670.
287. Zwergal, A. Aging of human supraspinal locomotor and postural control in fMRI / A. Zwergal [et al.] // *Neurobiol Aging*. – 2012. – Vol. 33 (6). P. 1073–1084.

СПИСОК ИЛЛЮСТРАТИВНОГО МАТЕРИАЛА

Рисунки:

Рисунок 1 - Компьютерный стабилметрический комплекс «Balance Master».....	52
Рисунок 2 - Траектория движения при выполнении теста «Простая ходьба».....	53
Рисунок 3 - Профиль показателей динамического компонента постурального баланса у женщин 60-64 лет, %.....	60
Рисунок 4 - Профиль показателей динамического компонента постурального баланса у женщин 65-69 лет, %.....	61
Рисунок 5 - Профиль показателей динамического компонента постурального баланса у женщин 70-74 лет, %.....	62
Рисунок 6 – Количество значимых коэффициентов корреляции между показателями постурального баланса у женщин 55-74 лет, %.....	68
Рисунок 7 – Профиль показателей динамического компонента постурального баланса у женщин в зависимости от наличия падений, %.....	75
Рисунок 8 – Количество значимых коэффициентов корреляции между показателями постурального баланса у женщин пожилого возраста в зависимости от наличия падений, %.....	78
Рисунок 9 – Профиль показателей динамического компонента постурального баланса у женщин с дефицитом, нормальной и избыточной МТ, %.....	85
Рисунок 10 – Количество значимых коэффициентов корреляции между показателями постурального баланса у женщин пожилого возраста при дефиците, нормальной и избыточной МТ, %.....	88

Таблицы:

Таблица 1 - Объем и методы исследований.....	56
Таблица 2 - Возрастная динамика показателей постурального баланса у женщин 55-74 лет, Me(Q ₁ -Q ₃)	58

Таблица 3 - Факторная структура взаимоотношения показателей постурального баланса у женщин 55-74 лет	69
Таблица 4 - Характеристика показателей постурального баланса у женщин 60-74 лет в зависимости от наличия падений, $Me(Q_1-Q_3)$, $M \pm SD$	73
Таблица 5 - Факторная структура взаимоотношения показателей постурального баланса у женщин 60-74 лет с синдромом падений.....	79
Таблица 6 - Характеристика показателей постурального баланса у женщин 60-74 лет при дефиците, норме и избытке массы тела, $M \pm SD$, $Me(Q_1-Q_3)$	82
Таблица 7 - Факторная структура взаимоотношения показателей постурального баланса у женщин 60-74 лет при дефиците, норме и избытке массы тела, $M \pm SD$, $Me(Q_1-Q_3)$	89

ПРИЛОЖЕНИЕ А - Матрица факторных нагрузок у женщин 55-74 лет

Показатели	55-59 лет			
	1 фактор (17,9%)	2 фактор (15,4%)	3 фактор (13,1%)	4 фактор (12,5%)
MTSUOL	,871			
LUISUOL	-,798			
MTSUOR	,791			
LUISUOR	-,601			
SWWA				
SSQTL		,852		
TSQTL		,838		
SSQTR		,763		
TSQTR		,675		
IISUOR			,919	
IISUOL			,865	
SVSTS				,890
WTTSTS				-,849

ПРИЛОЖЕНИЕ Б - Матрица факторных нагрузок у женщин 60-64 лет

	1 фактор (17,4%)	2 фактор (13,3%)	3 фактор (12,8%)	4 фактор (11,6%)
SSQTL	,874			
TSQTL	,830			
TSQTR	,782			
SSQTR	,770			
LUISUOL		,797		
MTSUOL		-,704		
IISUOL			,918	
IISUOR			,898	
WTTSTS				-,939
SVSTS				,909

ПРИЛОЖЕНИЕ В - Матрица факторных нагрузок у женщин 65-69 лет

	1 фактор (21,5%)	2 фактор (17,2%)	3 фактор (12,7%)	4 фактор (10,8%)
SSQTR	,929			
TSQTL	,900			
TSQTR	,893			
SSQTL	,823			
LUISUOL		,784		
MTSUOR		-,727		
LUISUOR		,703		
RISTS		,647		
MTSUOL		-,616		
IISUOR			,892	
IISUOL			,809	
SLWA				,797
SWA				,659
STW				,602

ПРИЛОЖЕНИЕ Г - Матрица факторных нагрузок у женщин 70-74 лет

	1 фактор (17,8%)	2 фактор (13,1%)	3 фактор (12,1%)	4 фактор (11,6%)
TSQTL	,805			
SSQTL	,771			
SSQTR	,761			
TSQTR	,753			
STW				
SWA		,812		
RISTS		,716		
SLWA		,649		
SWWA				
SVSTS			-,913	
WTTSTS			,893	
LUISUOL				,858
LUISUOR				,711

ПРИЛОЖЕНИЕ Е - Матрица факторных нагрузок у женщин 60-74 лет в зависимости от дефицита, нормы и избытка МТ

Показатели	Дефицит МТ				Норма МТ				Избыток МТ			
	1 фактор (25,71%)	2 фактор (15,68%)	3 фактор (14,19%)	4 фактор (12,87%)	1 фактор (19,83%)	2 фактор (17,70%)	3 фактор (12,36%)	4 фактор (9,63%)	1 фактор (19,83%)	2 фактор (17,70%)	3 фактор (12,36%)	4 фактор (9,63%)
IISUOR	-,833							,857			,873	
IISUOL	-,821							,776			,903	
LISUOR	-,773						,631					
SWWA	,722											
LISUOL	-,709						,612					
MTSUOL	,664				,903				-,857			
ESTW						,903						
RISTS							,764					
SWA		-,853					,749		,869			
MTSUOR		,638			,716				-,813			
SSQTR			,904			,780				,768		
SSQTL			,896			,786				,793		
TSQTL			,650		,771					,807		
TSQTR					,774					,799		
SVSTS				,872		,857						,811
WTTSTS				-,827								-,854
SLWA				-,696					,766			

ПРИЛОЖЕНИЕ Ж - Акт внедрения

УТВЕРЖДАЮ
 Директор института медико-биологических исследований
 САФУ имени М.В.Ломоносова
 М.Н.Панков
 «10» 08 2016 г.



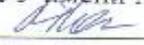
Акт о внедрении

Результаты исследования особенностей постурального баланса у женщин пожилого возраста с синдромом падений, проведенного Мороз Таисией Петровной у женщин 55-74 лет, внедрены и используются в научно-исследовательской работе лаборатории функциональных резервов организма института медико-биологических исследований САФУ имени М.В. Ломоносова.

Зав. НИЛ функциональных резервов
 организма ИМБИ САФУ
 к.м.н.

 Д.М. Федотов

ПРИЛОЖЕНИЕ 3 - Акт внедрения

УТВЕРЖДАЮ
 Директор института медико-биологических исследований
 САФУ имени М.В.Ломоносова
 М.Н.Панков
 «10» 02 2016 г.



Акт о внедрении

Результаты исследования возрастных особенностей постурального баланса у женщин пожилого возраста, проведенного Мороз Таисией Петровной, внедрены и используются в научно-исследовательской работе лаборатории нейрофизиологии и ВНД института медико-биологических исследований САФУ имени М.В. Ломоносова.

Зав. НИЛ нейрофизиологии и ВНД
 ИМБИ САФУ
 К.М.Н.

 И.Н. Крайнова

ПРИЛОЖЕНИЕ И - Акт внедрения

УТВЕРЖДАЮ

Директор института естествознания
и спортивных технологий ГАОУ ВО МГПУ
д.с.н., профессор

А.Э. Страдзе

«15» *Мая* 2020 г.



Акт о внедрении

Результаты исследования возрастных особенностей постурального баланса у женщин 60-74 лет, проведенного Ширяевой Таисией Петровной, используются в научно-образовательном процессе на кафедре физического воспитания и безопасности жизнедеятельности института естествознания и спортивной подготовки Московского городского педагогического института.

Зав. кафедрой физического воспитания
и безопасности жизнедеятельности
ИЕСТ ГАОУ ВО МГПУ
д.б.н., доцент

В.Н. Пушкина В.Н. Пушкина

ПРИЛОЖЕНИЕ К - Акт внедрения

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по учебной работе
ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова
Минздрава России
(Сеченовский Университет)



Г.М. Литвинова
9 июля 2020 г.

Акт о внедрении

Результаты диссертационного исследования на соискание учебной степени кандидата медицинских наук на тему «Характеристика динамического компонента постурального баланса у женщин пожилого возраста», проведенного Ширяевой Таисией Петровной, используются в научно-образовательном процессе кафедры спортивной медицины и медицинской реабилитации Института клинической медицины им. Н.В. Склифосовского ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет).

Заведующий кафедрой
спортивной медицины
и медицинской реабилитации
Института клинической медицины им. Н.В. Склифосовского
ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова
Минздрава России
(Сеченовский Университет),
профессор, д.м.н.

Е.Е. Ачкасов