

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертацию Шишкина Никиты Валерьевича

«Изменения сенсорного и центрального контроля вертикальной позы, обусловленные пребыванием в условиях реальной и моделируемой микрогравитации различной длительности» по специальности 1.5.5. – «Физиология человека и животных», представленную на соискание ученой степени кандидата медицинских наук, выполненную в Государственном Научном Центре Института Медико-Биологических Проблем (ГНЦ РФ ИМБП РАН)

Актуальность избранной темы исследования.

Диссертационная работа Шишкина Никиты Валерьевича посвящена решению актуальной проблемы физиологии человека - изучению изменений сенсорного контроля вертикальной позы, в следствии пребывания человека в условиях реальной и моделируемой микрогравитации различной длительности. Проведение научных разработок по теме исследования Н.В. Шишкина, определено острой необходимостью расширения современных представлений о физиологических механизмах поддержания вертикального равновесия в условиях изменений моторного контроля у космонавтов, выполняющих космические полеты различной длительности и испытывающих на себе влияние короткой и длительной опорной разгрузки. Важным аспектом, определяющим актуальность исследований Шишкина Н.В., является необходимость углубленного изучения изолированного влияния факторов длительного космического полета на систему управления движениями у человека, что было невозможно сделать ранее, так космонавты систематически проводят активные тренировки на беговой дорожке, требующие сохранения координации движений (Kozlovskaya et al., 2015). Опираясь на ранее проводимые исследования коллектива Козловской И.Б. и Томиловской Е.С., автор проводит оценку изменений сенсорного контроля вертикальной позы человека в процессе адаптации постуральной системы у здоровых добровольцев в условиях моделирования эффектов микрогравитации на Земле, с использованием наземной модели космического полета – «сухой» иммерсии (СИ) на разных этапах восстановления (Tomilovskaya et al., 2019).

Ранее проведенные исследования об изменениях функционирования сенсорных систем человека в условиях изменённого сенсорного окружения при выполнении различных физических нагрузок на Земле и в космосе (Гурфинкель В.С.(1965), Гурфинкель В.С., Коц Я.М., Шик Л.М. (1965); Кубряк О.В., Мезенцева А.И. (2021); Catherine R. Lowrey, Stephen D. Perry, Nicholas D. J. Strzalkowski, David R. Williams, Scott J. Wood, Leah R. Bent (2015)) раскрывают физиологические механизмы функционирования проприоцептивной, зрительной, вестибулярной сенсорных систем, участвующих в поддержании равновесия при выполнении различных физических нагрузок на Земле и в космическом пространстве. Исследованиями Horak, Nashner (1986), Speers et al. (1998) установлено, что при выполнении коротких космических полётов происходит переключение функционирования постуральной системы космонавта на более простые управляющие схемы. Однако, стратегии переключения физиологических механизмов функционирования постуральной системы человека после длительных космических полётах остаются невыясненными, а изменения

ИМБП ВХ.М. 08/4569
от «26» 12 2025 г. 1

функций вестибулярной сенсорной системы, при таких воздействиях, не установлены. Исследованиями Наумова И.А. установлен более быстрый темп восстановления вестибулярной функции у космонавтов после повторных длительных КП (Наумов И.А. и др., 2020). Однако, в научной литературе отсутствуют публикации, в которых оценивалось восстановление постуральной устойчивости после длительных КП, совершаемых космонавтами впервые и повторно. Малоизученными остаются процессы изменений центрального контроля вертикальной стойки, реализующиеся через различные постуральные стратегии, после длительных КП. Отсутствуют публикации, в которых сравнивается воздействие длительной и короткой опорной разгрузки. Не представлены работы, по анализу влияния ведущей сенсорной модальности на восстановление равновесия после опорной разгрузки. Таким образом, исследования Шишкина Н.В. определены актуальной необходимостью раскрытия физиологических механизмов оценки динамики уровня интеграции вестибулярной и соматосенсорной информации в функционирование центрального звена постуральной системы при изменениях контроля вертикальной позы человека в процессе восстановления космонавтов на Земле после пребывания в условиях космических полетов различной длительности и кратности. Диссертация также раскрывает физиологические механизмы восстановления изменений контроля вертикальной позы человека в условиях моделирования космического полета в виде наземных моделей «сухой» иммерсии. Полученные автором результаты могут лежать в основе разработки реабилитационных программ для космонавтов и лиц, занимающихся экстремальной деятельностью, испытывающих на себе влияние микрогравитации различной длительности, что делает тему научных разработок по данному направлению приоритетной.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации.

Для раскрытия темы диссертационного исследования Шишкиным Никитой Валерьевичем представлен литературный обзор современных литературных источников, раскрывающий состояние проблемы диссертационного исследования. Шишкин Н.В. проводит детализированный анализ 164 источников: 138 источников зарубежной научной литературы и 26 работ отечественных авторов, что позволило автору сформировать объективное представление о степени разработанности изучаемой проблемы, определить методологию исследований, поставить цель и задачи, подобрать адекватные методы исследования. Литературный обзор написан с высоким уровнем изложения состояния материала ранее проведенных научных исследований, с анализом современных литературных источников ведущих мировых научных школ по физиологии гравитации, оценивающих изменения постуральной устойчивости человека после воздействия негативных факторов КП и после воздействия опорной разгрузки на Земле, что позволяет автору быть компетентным в результатах ранее проводимых исследований по вертикальной устойчивости космонавтов/астронавтов и составить базовую платформу знаний для решения вопроса об определении влияний ведущей сенсорной модальности на контроль вертикальной позы человека

при его восстановлении после пребывания в условиях реальной и моделируемой микрогравитации различной длительности.

Диссертационная работа Шишкина Н.В. характеризуется современными методологическими подходами, использованием современных и новаторских физиологических методик в оценке определения влияний ведущей сенсорной модальности на контроль вертикальной позы человека. Представлен широкий спектр современных, высоко информативных постурографических тестов, которые проведены с использованием аппаратного комплекса EquiTest Neurocom (США), позволяющим выделить вклад отдельных сенсорных систем с помощью поочерёдного «зашумления» и «искажения» афферентного сигнала от них (Nashner et al., 1982; Black, Nashner, 1984). Влияние факторов космического полёта на кинематические характеристики постуральной устойчивости у космонавтов оценивали с использованием системы инфракрасных датчиков NDI OptoTrack, (США), с помощью которых в программной среде Rstudio строилась схема тела и вычислялись углы в голеностопном, коленном и тазобедренном суставах. Определение ведущей сенсорной модальности проведено Шишкиным Н.В. с помощью вычисления коэффициента Ромберга (КР); при этом людей с $KP > 1$, с ведущей зрительной модальностью, относили к «визуалам», а с $KP < 1$, с ведущей невизуальной модальностью – «невизуалам» (Lacour et al., 1997). При анализе результатов постуральных тестов у здоровых добровольцев – мужчин, выполненной после 5-суточной и 21-суточной СИ, регистрацию перемещения ЦД производили с помощью стабиллоплатформы Стабилан-01 (ОКБ «Ритм», Россия). Статистический анализ проводился с помощью программы GraphPad Prism 6.

Цель исследования: исследовать особенности интеграции вестибулярной и соматосенсорной информации и изменения в центральной обработке этой информации в контроле вертикальной позы у человека после пребывания в условиях космического полета и наземного моделирования его факторов.

Для достижения цели исследования автор провел физиологический эксперимент с участием 54-х человек: 32-х космонавтов-участников российских космических миссий на МКС и 22-х испытуемых-добровольцах (все мужского пола) участвовавших в эксперименте с «сухой» иммерсией (СИ). Диссертация выполнена на высоком методическом уровне с использованием современных, апробированных методов физиологического тестирования космонавтов на сертифицированном оборудовании, строгим соблюдением протокола тестирования, корректной обработки полученных результатов, сопоставлением полученных автором результатов при сравнительном анализе полученных данных с данными мировой и отечественной школ постурологии.

Анализ полученных результатов позволил автору установить различия в скорости восстановления вертикальной устойчивости у космонавтов после длительных космических полетов в зависимости от усиления участия входа различных сенсорных систем. Шишкин Н.В. отметил ряд показателей, отражающих достоверные отличия в изменениях вертикальной устойчивости после длительного космического полёта: увеличение скорости и разброса колебаний в различных

сенсорных условиях (открытые/закрытые глаза, устойчивая/неустойчивая опора). Автором отмечено более быстрое восстановление постуральной устойчивости в условиях, требующих усиленного участия вестибулярного аппарата, после длительных космических полётов, совершаемых повторно. Установлены различия эффектов опорной разгрузки, которые зависят от длительности воздействия. Автором установлены признаки устойчивости к воздействию безопорности, что выражается в преимущественной ориентацией системы контроля вертикальной стойки на зрительную информацию.

Положения, выносимые на защиту и выводы, логично вытекающие из полученных результатов физиологического тестирования и объективных данных проведенного статистического анализа, иллюстрированные 1 таблицей и 28 рисунками, сформулированы корректно и научно обоснованы.

Выводы соответствуют положениям, выносимым на защиту и поставленным задачам, четко вытекают из представленных результатов исследования, что дает основание для разработки и внедрения практических рекомендаций.

Результаты собственных исследований были многократно представлены Шишкиным Н.В. на Съездах Физиологического общества им. И.П. Павлова (Россия) в 2017 и 2023гг, VII Съезде физиологов СНГ с международным участием (Сочи, Россия) 2022; многократных выступлениях с докладами на Всероссийских и Международных конференциях, и систематических докладах на конференциях молодых ученых, специалистов и студентов. Основные результаты собственных исследований наглядно отражены в 18 публикациях, в том числе 3-х статьях, опубликованных в журналах из перечня журнала ВАК РФ и баз данных Scopus/Web of Science и в 14 тезисах докладов.

Достоверность и новизна научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации.

Достоверность результатов диссертационного исследования подтверждается репрезентативностью выборки обследованных, необходимой для выработки обоснованных заключений. Обследовано 54 человека: 32 космонавта-участника российских космических миссий на МКС и 22 добровольцев при модельном воздействии «сухой» иммерсии. Все участники научного эксперимента были мужчинами. Продолжительность полётов составляла 168 ± 18 суток. Исследования проведены 5 раз: 2 раза до КП, на 3-и, 7-е и 10-е сутки после приземления. В модельном исследовании на земле приняли участие 12 человек в 5-суточной СИ и 10 человек – в 21-суточной. Проводилось 4 тестирования: 2 до начала СИ, через 1 час после окончания и на 2-е сутки периода восстановления. Научные положения, выводы и рекомендации, сформулированные в диссертации, подкреплены убедительными фактическими статистическими данными, размещенными в таблице и рисунках.

Научная новизна результатов исследования.

Проведенное исследование характеризуется безусловной научной новизной, поскольку в данной работе расширены и углублены современные представления теории адаптации организма человека после пребывания в условиях реальной и моделируемой микрогравитации различной

длительности. Автором доказана смена двигательных стратегий при поддержании равновесия при воздействии искажённой соматосенсорной или вестибулярной афферентации до 3-х суток после окончания КП. Доказана более высокая скорость восстановления постуральных реакций после приземления у космонавтов, осуществляющих повторные космические полёты при активном вовлечении вестибулярного аппарата, в сравнении с космонавтами, совершающими первый полет. В модельных экспериментах («сухая» иммерсия) Шишкиным Н.В. выделены тесты с зашумлённой соматосенсорной афферентацией, как наиболее информативные для оценки вертикальной устойчивости человека, длительно находящегося под воздействием безопорности при ориентации постуральной системы преимущественно на соматосенсорный вход. Автором установлены различия влияния «сухой» иммерсии различной длительности. Доказано, что короткая опорная разгрузка во время «сухой» иммерсии приводит к более значимым изменениям интеграции вестибулярной афферентации в постуральную устойчивость, а длительная опорная разгрузка сопровождается преимуществом изменением интеграции соматосенсорной афферентации.

Шишкиным Н.В. показано положительное влияние повторных длительных космических полетов на быстроту реадaptации постуральной системы к земным условиям.

Вышеуказанные данные могут лежать в основе разработки программ двигательной реабилитации космонавтов после выполнения космических полетов различной длительности и обоснования режимов физических нагрузок при подготовке к таким полетам.

Значимость для науки и практики.

Представленная Шишкиным Никитой Валерьевичем диссертация обладает несомненной научно-практической значимостью. Важным для космической физиологии человека является раскрытие физиологических механизмов формирования нарушений вертикальной устойчивости, возникающей у человека в период восстановления после продолжительного воздействия естественной и моделируемой микрогравитации различной длительности. Расширены современные представления об особенностях работы сенсорного звена и центральной обработки информации о положении тела в пространстве, что выражается в изменениях постуральной стратегии, которые сохраняются в течение нескольких суток после приземления. Существенно дополнены знания о функционировании вестибулярного и проприоцептивного звеньев постуральной системы как после длительных КП, так и после воздействия опорной разгрузки различной продолжительности. Автором установлены различия вовлечения афферентных входов в работу постуральной системы при коротком, и длительном воздействии безопорности в модельных экспериментах. Установлены различные сроки длительности воздействия безопорности для воспроизведения изменений, происходящих с интеграцией вестибулярного аппарата и проприоцептивной системы в постуральное равновесие. Автором отмечена важность определения принадлежности космонавтов к типу к сенсорной модальности для оценки скорости процессов восстановления после космических полетов и при моделировании безопорности в условиях эксперимента на модели СИ. Выявлено более быстрое восстановление постуральной системы при постполетной адаптации у испытуемых

с ориентацией постуральной системы на зрительную информацию является большей устойчивостью к воздействию безопорности.

Конкретные рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации.

Диссертационная работа имеет возможность её внедрения в физиологию –раздел гравитационная физиология движений, в медицину и реабилитологию. Практическое внедрение результатов диссертационного исследования возможно в работу: Центра подготовки космонавтов им. Ю.А. Гагарина, Центров постполетной реабилитации космонавтов, в программы медико-биологического сопровождения полетов космонавтов различной длительности, в научные разработки перспективных тем исследований НИИ Sports и Спортивной медицины РФ, при оказании медицинской консультации для реабилитации спортсменов, занимающихся экстремальными видами спорта.

Общая оценка содержания диссертации, её завершенности.

Представленная диссертация выполнена на 89 страницах, состоит из введения, обзора литературы, описания материалов и методов исследования, результатов исследования с обсуждением в конце каждой подглавы результатов, заключения и выводов. Список литературы включает 164 источника. Работа иллюстрирована 1 таблицей и 28-ю рисунками.

Анализ структуры диссертации показывает, что она имеет классическое построение основных компонентов работы.

Введение содержит аргументированную характеристику актуальности решаемой проблемы, четко определяет цель, задачи, научную новизну и значение диссертации для науки и практики.

В главе «Обзор литературы» автор проводит детализированный анализ 164 источников: 138 источников зарубежной научной литературы и 26 работ отечественных авторов, что позволило автору сформировать объективное представление о степени разработанности изучаемой проблемы, определить методологию исследований, поставить цель и задачи, подобрать адекватные методы исследования. Основные рубрики литературного обзора посвящены организации вертикальной устойчивости человека и факторам, влияющим на нее в состоянии покоя на Земле и после совершения космонавтами коротких и долговременных КП. Литературный обзор проведен с углубленным анализом современных источников по следующим узловым вопросам: организация вертикальной стойки человека в нормальных условиях (работы Бернштейна Н.А, Магнуса Р., Гурфинкеля В.С., Nashner, Cordo, Мезенчук А.И., Кубряк О.В.) и физиологических механизмов сенсорной регуляции равновесия с разбором сенсорной организации (Assländer, Peterka, 2014)и с анализом разработки стратегий выбора сенсорной информации по значимости включения сенсорных входов при оперативной реакции на возникновение сенсорного конфликта (Oman, 1990; Bertolini, Straumann, 2016; Bronstein, 2016). Автор оценивает данные литературных источников по функциональной эффективности произвольных и непроизвольных движений у человека (Nashner, 1976, 1977; Nashner et al. 1979) и особенностях координации непроизвольных постуральных движений через различные стратегии равновесия: голеностопную, тазобедренную и коленную.

Раскрыта роль центральной нервной системы в выборе стратегий при выполнении движений различной сложности, выделены характеристики ведущей сенсорной модальности человека, которые различаются у «Визуалов» и «Невизуалов» в соответствии со значениями коэффициента Ромберга. В обзоре литературы автором изучены характеристики вертикальной стойки до и после воздействия микрогравитации и моделей, воспроизводящих её эффекты в организме человека на Земле, где подчеркнуто влияние изменений в центральной обработке сенсорной информации на постуральную устойчивость человека после КП, что определяет характеристики постуральных реакций и паттерны движения после приземления. Под воздействием микрогравитации при устранении действия силы тяжести в КП снижается приток информации по отолитовому и проприоцептивному ходам (Clément et al., 2005), что приводит к изменениям постуральных стратегий и ухудшает организацию вертикальной устойчивости космонавтов. Все вышеизложенное является основной причиной формирования постполётной постуральной атаксии (Carriot et al., (2021). По данным литературных источников выделены различия постуральной устойчивости у космонавтов впервые и повторно совершающих короткий КП (5-12 суток), что выражается в более оптимальном восприятии информации вестибулярным анализатором космонавтами, повторно совершающими КП в следствие развития сенсорной памяти. В качестве главной причины послеполётного дефицита постуральной устойчивости у космонавтов, совершающих длительные КП на МКС, (продолжительность 4-6 месяцев), автор отмечает ухудшение обработки информации с вестибулярного входа в ЦНС, с возможностью компенсации нарушений проприоцептивным входом (Reschke et al., 1999). Автор подчеркивает значимость теста, выполненного с закрытыми глазами, колеблющейся в зависимости от колебаний центра тяжести опорной поверхностью и динамическими покачиваниями головой в сагиттальной плоскости для диагностики чувствительности к изменениям вертикальной стойки у космонавтов, совершивших длительный КП (Jain et al., 2010). Отмечена зависимость между продолжительностью КП и степенью снижения интеграции вестибулярного входа в постуральную устойчивость. Автором рассмотрены модели воздействия неблагоприятных факторов космического полёта: антиортостатическая гипокинезия, вывешивание и «сухая» иммерсия. Перечисленные методы позволяют провести диагностику развития состояния оперативных физиологических механизмов адаптации. Выделены факторы, отрицательно влияющие на постуральную устойчивость человека при совершении КП: микрогравитация (ключевой фактор), изоляция, постоянное освещение, радиация, воспроизводимая атмосфера.

Следует заключить, что литературный обзор написан с высоким уровнем изложения состояния исследуемой проблемы, с анализом современных литературных источников, что позволяет автору быть компетентным в результатах ранее проводимого физиологического тестирования космонавтов/астронавтов в ведущих мировых школах по физиологии экстремальной деятельности человека и составить базовую платформу знаний для решения вопроса об определении влияний ведущей сенсорной модальности на контроль вертикальной позы человека

при его восстановлении после пребывания в условиях реальной и моделируемой микрогравитации различной длительности.

Глава Материалы и методы исследования

В данной главе подробно изложены методы исследования, перечень анализируемых показателей и этапы анализа полученных результатов. Автор подробно описывает условия экспериментальных исследований и целесообразность выбора искусственной среды проведения физиологического тестирования для устранения опорной афферентации. Шишкин Н. В. научно обосновывает применение сухой иммерсии, как среды быстро и точно воспроизводящей условия космического полета.

Контингент участников физиологического эксперимента состоял из 32-х космонавтов – участников российских космических миссий на МКС, все мужского пола. Продолжительность длительных космических полётов составляла от 166 до 196 суток. В модельных тестированиях участвовали 22 испытателя-мужчины, 12 чел. в 5-суточной СИ, 10 чел. – в 21-суточной. Проводилось 4 тестирования: 2 до начала СИ, через 1 час после окончания и на 2-е сутки восстановления.

Стабилометрическое тестирование проведено на комплексе EquiTest Neurocom (США). При обработке данных автор использует комплексный безразмерный показатель вертикальной устойчивости Equilibrium Score (EqScore) (измерение в баллах).

В диссертационном исследовании описаны результаты выполнения испытуемыми 7 стабиллометрических (классических и модифицированных) тестов, отличающихся условиями выполнения.

Автором проведен сравнительный анализ значений показателя EqScore в группе космонавтов, совершавших космические полеты впервые (15 человек) и повторно (17 человек). Один и тот же космонавт, летавший несколько раз после 1-го полёта (2-5й полёты), учитывался в группе повторно летавших, как разные объекты (5 человек). Впервые летавшие космонавты составили отдельную группу.

Для определения влияний факторов космического полёта на кинематические характеристики постуральной устойчивости у космонавтов автором проведен анализ изменений значений параметров углов в голеностопном и тазобедренном суставах. С указанной целью космонавтам прикреплялись инфракрасные датчики (NDI OptoTrack, (США), с помощью которых в программной среде Rstudio строилась схема тела с определением значений параметров углов в голеностопном и тазобедренном суставах. Для формирования представлений о постуральных стратегиях автор анализировал разброс (стандартное отклонение) колебаний угла в суставах (Horak and Nashner, 1986; Speers et al., 1998; Александров et al., 2004; Kaminishi et al., 2021). Для определения ведущей модальности на которую система опирается при разработке постуральной стратегии автором использован коэффициент Ромберга. Автором проведено постуральное

исследование в модельных экспериментах с регистрацией перемещения ЦД с помощью стабилоплатформы Стабилан-01 (ОКБ «Ритм», Россия); использованы 4 теста.

Статистический анализ и интерпретация полученных результатов проведены с применением статистической программы GraphPad Prism 6. Используемые автором статистические методы характеризуются адекватностью по отношению к поставленным задачам, четкой математической характеристикой параметров на выходе результатов физиологического тестирования.

Глава Результаты и обсуждение

В главе *Результаты и их обсуждение* автор представляет данные результатов физиологического эксперимента, раскрывающего тему исследования.

В разделе «Влияние длительных космических полётов на параметры вертикальной стойки», представлен сравнительный анализ данных фонового стабилметрического (измерения выполнены 2 раза) и постполетного тестирования (измерения выполнены на 3, 7, 10 сутки) постуральной устойчивости у космонавтов после длительных полетов.

Шишкин Н.В. подробно описывает характер влияния длительных космических полетов (168 ± 18 суток) на состояние постуральной устойчивости, что оценивается по изменению параметров вертикальной стойки при воздействии на равновесие человека разных условий функционирования анализаторов: зрительного контроля ВС и искажения и «зашумления» сенсорных входов – зрительного, проприоцептивного и вестибулярного.

Автором отмечены статистически значимые различия параметра EqScore в тестах: 1, 2m, 3, 4, 5 и 5m, что отражает информативность этих тестов для оценки состояния постуральной устойчивости у космонавтов после длительных космических полетов.

Автор отмечает изменение средних значений показателя EqScore у космонавтов после посадки, при проведении стабилметрического теста 1, (*сохранение зрительного контроля вертикальной устойчивости*), которые остаются достоверно ниже обоих фоновых значений в период до 3-х дней после приземления ($p < 0,01$). Тест 2 «*искажение зрительного входа*» достоверных отличий не выявил. Модифицированный тест 2m (*качания головой с закрытыми глазами, «зашумление» вестибулярного входа*) демонстрирует достоверные изменения показателя EqScore до 7-х суток после посадки. Достоверность различий вертикальной устойчивости по сравнению с фоновыми измерениями установлена в тестах: 3-м (*с открытыми глазами и подвижным зрительным окружением, искажением зрительного входа*); 4-м (*с открытыми глазами и качающейся опорной поверхностью (искажение опорного входа)*), 5-м (*искажение сенсомоторного входа, активное вовлечение вестибулярного входа*) и 5m тесте (*с закрытыми глазами, колеблющейся опорной поверхностью и качаниями головой*) с изменениями восстановления на 3 сутки постполетного измерения (в сравнении с 2-м фоновым исследованием). Автор отмечает резкое нарушение координации у 33% испытуемых при выполнении заданий стабилметрического теста 5m.

Шишкин Н. В. отмечает связь выраженности ухудшения устойчивости выполнения стабилметрических тестов у космонавтов, участвующих в КП впервые и повторно ($p < 0,05$). После

выполнения первых полетов значимое снижение по сравнению с фоновыми измерениями наблюдалось до 7-х суток после приземления, в то время, как после повторных только до 3-х.

Автор выделяет отличие сроков восстановления функций различных звеньев сенсорнорецепторного отдела постуральной сенсорной системы по результатам применения стабилметрических тестов.

При обсуждении результатов автором проведен сравнительный анализ полученных данных с ранее проведенными подобными исследованиями на астронавтах США. Автор анализирует влияние различных рекреативных программ и программ подготовки, проведенных для реабилитации и для подготовки космонавтов из СССР, РФ и США. Такие программы различаются средствами и методами, что оказывает положительное влияние на скорость восстановления постуральной системы космонавтов и астронавтов после КП.

В разделе 3.1.2. Шишкиным Н.В. проведен сравнительный анализ показателей стабилметрических данных у космонавтов, летавших впервые и повторно. В этом разделе автор проводит сравнение 2-х групп космонавтов: Первого КП и Повторного КП. Автором установлены отличия в глубине и скорости динамики изменений функционирования постуральной системы космонавтов после полёта. Наибольшая выраженность достоверных отличий показателя EqScore на 3-и, 7-е и 10-е сутки отмечена по результатам выполнения 1,3,4-го стабилметрических тестов у космонавтов Первого КП.

Информативными для выявления значимых отличий функционирования вестибулярной сенсорной системы у космонавтов Первого КП и Повторного КП между предполётными результатами и полученными результатами являются 2тест и, особенно, тест 2m (*при добавлении вестибулярного возмущения*). Обнаружена различная динамика скорости восстановления функций вестибулярного звена постуральной системы в периоде 3-10 суток после окончания КП. Автором установлено, что недостаток вестибулярной функции более длительно выражен в группе Первого КП. По результатам собственных исследований автор подтверждает ранее полученные результаты (Наумов И.А. и др., 2015; Schoenmaekers et al., 2022), утверждавшие, что вестибулярная функция космонавтов, совершавших длительный КП повторно, восстанавливается после приземления быстрее в сравнении с космонавтами, летавшими впервые.

В разделе 3.1.2. автор изучает влияние ведущей зрительной модальности. Ориентируясь на работы (Nashner, 1976; Paolucci, 1997) автор выделяет различия сенсорной модальности, что отражает устойчивость к внешним возмущениям стойки. Автор различает ведущую зрительную модальность для ориентации постуральной системы: 1 – *визуальная* (коэффициент Ромберга >1) и 2 – *невизуальная* (коэффициент Ромберга <1). Среди испытуемых большинство ($n=25$) составили группу визуалов. Межгрупповые достоверные различия показателей отмечены как до полета, так и после по значениям большинства тестов: 1, 2, 2m, 4, 5 и 5m. Максимальная выраженность достоверных отличий постполетных измерений в группах сравнения выявлены у космонавтов в тесте 1 на 3-е сутки ($p<0,0001$). Показатель в «невизуальной» группе ниже на 9,6% (83,5 и 92,4 баллов). Автор делает вывод, что ведущая визуальная модальность постуральной системы является

признаком большей постуральной устойчивости по сравнению с невизуальной, что отмечено у большинства космонавтов –участников физиологического эксперимента.

В разделе 3.1.4. Шишкин Н.В. рассматривает влияние факторов космического полёта на кинематические характеристики постуральной устойчивости у космонавтов. Изменения постуральной устойчивости определялись автором с помощью анализа угла в суставах и разных постуральных стратегий: голеностопной и тазобедренной. Для анализа полученной информации автор рассматривает 2 показателя: разброс и скорость. Автор приходит к выводу, что голеностопная стратегия вносит больший вклад в поддержание равновесия тела у космонавтов до полета, чем тазобедренная стратегия. Автором установлено возрастание роли тазобедренной (более простой) стратегии в поддержании равновесия после космических полетов, что подтверждено результатами теста 4 на 3-е сутки после КП, когда отмечен значимый рост разброса колебаний в тазобедренном суставе с $0,12^\circ$ до $0,25^\circ$, ($p < 0,0001$) и результатам теста 5m (*с искажением проприоцептивных и вестибулярных сигналов*), где были установлены значимые изменения разброса колебаний в голеностопном (с $0,90^\circ$ до $1,3^\circ$, $p < 0,001$) и тазобедренном суставах (с $0,3^\circ$ до $0,72^\circ$, $p < 0,001$). Автор приходит к выводу, что снижение постуральной устойчивости у космонавтов после космических полетов приводит к изменению в паттерне постуральных стратегий с увеличением доли вклада тазобедренной стратегии в поддержание равновесия, более простой в центральном управлении, но и более энергозатратной (Alexandrov et al., 2001). Установленные автором изменения постуральных стратегий возможно связаны с искажением восприятия афферентной информации центральным звеном постуральной системы, что происходит у космонавтов после космических полетов.

В разделе 3.2. Шишкин Н.В. рассматривает влияние 5-суточной и 21-суточной «сухой» иммерсии на параметры вертикальной стойки испытуемых-добровольцев. Автор отмечает, что опорная разгрузка с помощью модели «сухой» иммерсии различной длительности – 5 и 21 сутки – по-разному влияет на постуральную устойчивость испытуемых. Автор отмечает увеличение скорости колебаний под воздействием 5-суточной и 21-суточной «сухой» иммерсий. По результатам 2 -го теста (закрытые глаза) после 21-суточной СИ увеличение имело значимость различий параметров ($p = 0,002$) и сохранялось до 2-х суток после окончания воздействия. Значимое увеличение этого показателя отмечено в тесте с закрытыми глазами на мягкой опоре после 5-суточной СИ (на 67,9%, $p = 0,0046$). Автор приходит к выводу, что короткая 5-суточная СИ хорошо воспроизводит физиологические эффекты коротких КП и воспроизводит острые эффекты воздействия невесомости, что ранее отмечено в исследованиях (Tomilovskaya et al., 2019).

В разделе 3.2.2. автор рассматривает роль ведущей сенсорной модальности на восстановление постуральных характеристик после 5-суточной и 21-суточной СИ. Установлено, что при воздействии 5-суточной СИ обнаружен значимый рост разброса колебаний в тесте с закрытыми глазами на мягкой платформе в группе «невизуалов» в сравнении с визуалами. Однако, выборка испытуемых была мала и подобные исследования стоит продолжать для более убедительных выводов.

Заключение и Выводы полностью вытекают из содержания диссертации, адекватны поставленным задачам и содержат отражение научной новизны.

Практические рекомендации отсутствуют.

Автореферат полностью отражает содержание диссертации.

В качестве **недостатков и замечаний** следует отметить:

Общие замечания по диссертации:

1. В работе имеются стилистические ошибки и опечатки.
2. Название некоторых рубрикаций сформулированы недостаточно конкретно. Например: страница 56: «Влияние ведущей зрительной модальности, на которую опирается постуральная система, на изменение вертикальной устойчивости после длительного полёта»
3. В представленной диссертации нет описания изменений функционирования отделов центрального звена постуральной системы (спинального, стволового, мозжечкового, коркового) в ответ на изменения сенсорного контроля вертикальной позы, обусловленные пребыванием в условиях реальной и моделируемой микрогравитации различной длительности», что возможно сделать при продолжении работы и дополнении методик обследования.

Вопросы

1. Какие средства и методы Вы рекомендуете к использованию для подготовки космонавтов к длительным космическим полетам у «визуалов» и «невизуалов»? В чем основные различия?
2. Чем Вы объясняете различия вертикальной устойчивости при сравнении стабилметрических данных у космонавтов, летавших впервые и повторно?
3. Вами обнаружено ускоренное восстановление вестибулярно-зависимого равновесия у космонавтов с повторным опытом длительных полетов. Каков, по Вашему мнению, основной нейрофизиологический механизм этого феномена? Можно ли говорить о формировании своеобразной "двигательной памяти" или "мета-адаптации" центральной нервной системы к процессам реадaptации после микрогравитации?
4. В работе сделан вывод о длительных изменениях в центральной обработке информации космонавтами, которые сохраняются до 3 суток после полета. Постуральные стратегии анализируются через кинематику суставов. Планируется ли в дальнейших исследованиях прямая верификация этих предположений методами нейровизуализации (например, ЭЭГ или фМРТ) для установления прямой корреляции между изменением паттернов движений и активностью конкретных церебральных структур?
5. Вами выявлена разнонаправленность эффектов короткой и длительной "сухой" иммерсии у добровольцев на вестибулярное и проприоцептивное звенья. Как эти данные следует учитывать при планировании программ наземной подготовки космонавтов? Следует ли дифференцировать эти программы в зависимости от планируемой длительности миссии (например, короткие экспедиции к Луне или vs. долгосрочные полеты на Марс)?

6. Обнаружено, что ведущая зрительная модальность (по коэффициенту Ромберга) является признаком устойчивости к опорной разгрузке. Можно ли рассматривать этот параметр, измеренный до полета, как прогностический критерий для индивидуального прогноза скорости постуральной реадaptации после посадки? Проводился ли ретроспективный анализ корреляции преморбидного коэффициента Ромберга с динамикой восстановления у конкретных членов экипажа?
7. В выводах указано, что сенсомоторная система космонавтов переключается на более простые, но энергозатратные движения. Что, на Ваш взгляд, является первичным звеном в этой цепи изменений: центральное перепрограммирование управления позой как адаптация к невесомости или периферические изменения (например, нарушенная афферентация от мышц), которые вынуждают ЦНС искать новые стратегии?
8. Учитывая, что 5-суточная иммерсия моделирует преимущественно вестибулярные эффекты, а 21-суточная — проприоцептивные, можно ли считать, что для комплексного моделирования постуральных эффектов реального длительного космического полета необходима именно длительная иммерсия? Не теряет ли свою релевантность короткая иммерсия как модель для исследований, нацеленных именно на вестибулярную адаптацию?
9. Изменения в координационной структуре движения фиксируются до 3 суток. Наблюдались ли качественные или количественные признаки начала нормализации этих центральных механизмов уже в этот трехсуточный период? Есть ли данные, позволяющие экстраполировать, сколько в целом времени требуется для полного восстановления центральной обработки информации после, например, 6-месячного полета?
10. Вы показали разную динамику восстановления для условий с разным вкладом вестибулярного и проприоцептивного входов. Позволяют ли полученные данные количественно оценить вклад каждой из этих систем (и их взаимодействия) в общее нарушение постуральной устойчивости? Можно ли на основе вашей методики построить модель, взвешивающую эти вклады?
11. Для космонавтов, совершающих первый длительный полет, выявлено более медленное восстановление. С чем это может быть связано в большей степени: с отсутствием предыдущего опыта адаптации/реадaptации как такового или с тем, что у "новичков" в первом полете сами изменения постуральной системы носят более глубокий характер? Можно ли это различить по вашим данным?
12. Вы упоминаете, что у космонавтов на текущем этапе с помощью математического моделирования изучается управление сенсомоторной системой. Какие параметры или закономерности, выявленные в данной экспериментальной работе, являются наиболее критичными для валидации и улучшения этих математических моделей? Какие прогнозы этих моделей планируется проверить в будущих натурных экспериментах?
13. Какие атипичные вестибулярные функции Вы наблюдали у космонавтов после длительных полетов?

Заключительная часть отзыва:

Заключительная часть отзыва:

Вместе с тем, указанные замечания не умаляют значимости диссертационного исследования. Диссертация Шишкина Н.В. является завершенным научным трудом, в котором содержится решение актуальной научной задачи, имеющей важное значение для гравитационной физиологии движения, а именно, – определение изменений сенсорного контроля вертикальной позы человека, обусловленные пребыванием в условиях реальной и моделируемой микрогравитации различной длительности». По актуальности решаемой проблемы, научной новизне, своей теоретической и практической значимости диссертационная работа Шишкина Никиты Валерьевича полностью соответствует требованиям п.9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24.09.2013г., в редакции Постановления Правительства Российской Федерации №335 от 21.04.2016г., с изменениями от 01.10.2018г., Постановления Правительства Российской Федерации № 1168, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата медицинских наук по специальности 1.5.5. Физиология человека и животных.

Официальный оппонент:

доктор медицинских наук, профессор,
профессор кафедры физиологии

Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Российский университет спорта, РУС «ГЦОЛИФК»

Захарьева Наталья Николаевна



25.12.2025

Контактные данные: тел.: 7 (499) 166-53-91, e-mail: rectorat@rgufk.ru.

Адрес места работы:

105122, Российская Федерация, г. Москва, Сиреневый бульвар, д. 4

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Российский университет спорта, РУС «ГЦОЛИФК», кафедра физиологии

Тел.: 7(499) 166-53-91, e-mail: rectorat@rgufk.ru.

Подпись сотрудника
ФГБОУ ВПО «Российский университет спорта, РУС «ГЦОЛИФК»
Захаревой Н.Н.
заверяю:

