

УТВЕРЖДАЮ



Директор ГНЦ РФ – ИМБП РАН

О.И. Орлов

24» _____ 2024 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного бюджетного учреждения науки Государственного научного центра Российской Федерации – Института медико-биологических проблем Российской Академии наук (ГНЦ РФ – ИМБП РАН)

Диссертация «Механизмы адаптационных перестроек опорно-двигательного аппарата человека при различных уровнях гравитационной разгрузки» выполнена в лаборатории физиологических эффектов гипокинетических воздействий ГНЦ РФ – ИМБП РАН.

В период подготовки диссертации соискатель Шпаков Алексей Васильевич работал в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Государственном научном центре Российской Федерации – Институте медико-биологических проблем Российской академии наук в лаборатории физиологических эффектов гипокинетических воздействий в должности ведущего научного сотрудника-заведующего лабораторией.

В 2006 году Шпаков А.В. закончил Великолукскую государственную академию физической культуры и спорта по специальности «Физическая культура и спорт». В 2006 Шпакова А.В. поступил в очную аспирантуру ГНЦ РФ – ИМБП РАН. В 2012 году защитил кандидатскую диссертацию на тему «Механизмы влияния микрогравитации на биомеханические и кинематические характеристики локомоций» на соискание учёной степени кандидата биологических наук по специальности 14.03.08 – Авиационная, космическая и морская медицина.

Тема диссертационной работы «Механизмы адаптационных перестроек опорно-двигательного аппарата человека при различных уровнях гравитационной разгрузки» утверждена на заседании Ученого совета ГНЦ РФ – ИМБП РАН 16 декабря 2021 года (протокол № 9 от 16.12.2021 г.).

Научный консультант:

Воронов Андрей Владимирович, доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения «Федеральный научный центр физической культуры и спорта». В период подготовки диссертации

«Механизмы адаптационных перестроек опорно-двигательного аппарата человека при различных уровнях гравитационной разгрузки» Шпаковым А.В. научный консультант Воронов А.В. (2006-2011 гг.) являлся ведущим научным сотрудником лаборатории мышечной деятельности ГНЦ РФ – ИМБП РАН.

Результаты диссертационной работы «Механизмы адаптационных перестроек опорно-двигательного аппарата человека при различных уровнях гравитационной разгрузки» были обсуждены на заседании секции «Космическая медицина» ГНЦ РФ – ИМБП РАН (протокол № 8 от 3 июля 2024 г.)

По итогам обсуждения принято следующее заключение:

Диссертационная работа Шпакова Алексея Васильевича посвящена исследованию влияния различных уровней гравитационной разгрузки на механизмы адаптационных перестроек опорно-двигательного аппарата человека.

Актуальность проблемы

Изучение механизмов адаптации опорно-двигательного аппарата человека к изменяющимся условиям внешней среды является важным направлением исследований в физиологии двигательной системы, восстановительной и космической медицине (Коряк, 2006). Данная проблематика имеет важное фундаментальное значение для оценки функционального состояния опорно-двигательного аппарата в различных условиях деятельности человека. Анализ состояния опорно-двигательного аппарата после космических полетов, исследований с использованием экспериментальных моделей позволяет отслеживать функциональное состояние мышечного аппарата (скелетные мышцы), оценивать эффективность физических тренировок, которые космонавты выполняют на протяжении космических полетов (Шпаков и др., 2013; Фомина и др., 2016). Кроме того, на основе исследования состояния опорно-двигательного аппарата можно оценить эффективность перспективных средств противодействия неблагоприятному влиянию невесомости на физиологические системы организма, которые проходят апробацию в наземных модельных исследованиях (Баранов и др., 2015; Баранов и др., 2018).

В настоящее время считается общепринятым, что двигательная система наземных животных и человека в фило- и онтогенезе формировалась под значительным влиянием гравитационных сил (Шенкман и др., 2017; Козловская, 2017). Вместе с тем, экспериментальное изучение гравитационных механизмов, регулирующих функционирование двигательной системы, берет свое начало с первых лет космической эры (Волынкин и др., 1963; Воробьев и др., 1969; Богданов и др., 1971; Чекирда и Еремин, 1974; Григорьева и Козловская, 1987; Корво и др., 1983; Шенкман и др., 1999; Paloski et al,

1994; Miller et al, 2010). Функциональные сдвиги, развивающиеся под влиянием микрогравитации в двигательной системе человека, представляют собой сочетание специфических изменений, обусловленных физической природой фактора микрогравитации, а также вторичных проявлений, связанных с развитием адаптивных реакций (Газенко и др., 1990; Grigoriev and Egorov, 1992).

Устранение воздействия гравитации преобразуется в двигательной сфере в ряд факторов, важных для функционирования двигательной системы в целом. Такими факторами, помимо разгрузки опорно-двигательного аппарата, являются устранение/снижение опорных нагрузок (Козловская, 2017) и изменение биомеханики движений как во время космического полета (Saveko et al., 2020), так и после его завершения (Newman et al, 1997; Шпаков и др., 2013; Edgerton et al., 2001).

Вполне очевидно, что параметры двигательной функции человека изменяются под воздействием микрогравитации, и подробное изучение изменений в отдельных компонентах опорно-двигательного аппарата, несмотря на длительную историю космической медицины, является важным направлением и в настоящее время. Кроме того, анализ литературных источников по тематике настоящей работы не позволяет получить достаточных сведений о комплексном исследовании особенностей функционального состояния опорно-двигательного аппарата человека при адаптации к изменяющейся гравитационной среде, а также динамике послеполетного восстановления двигательных функций.

Новизна полученных результатов

В работе использован комплексный подход, включающий набор современных и технологичных методов исследования, которые в полной мере соответствуют поставленным задачам. Применение таких экспериментальных методов, как видеоанализ движений, анализ электромиографической активности мышц и электромиографической стоимости движений, анализ опорных реакции, пространственно-временных характеристик локомоций, объединенных в комплексное исследование, позволило получить развернутую картину изменений функционального состояния и адаптационных перестроек опорно-двигательного аппарата человека, обусловленных гравитационной разгрузкой.

Впервые выполнена количественная оценка динамики восстановления биомеханических характеристик ходьбы человека в послеполетном периоде в зависимости от объема и интенсивности физических тренировок космонавтов на борту Международной космической станции.

Впервые использована оригинальная модель пребывания человека в условиях лунной гравитации (гипогравитации) – ортостатической гипокинезии с углом наклона тела относительно горизонта $+9,6$ градуса, принцип которой состоит в снижении максимальной величины гравитационной составляющей гидростатического давления крови, характерной для вертикального положения тела на Земле, а также весовой нагрузки на опорно-двигательный аппарат, до величин, присущих небесному телу с пониженным уровнем гравитации, путем изменения угла вектора силы тяжести. Впервые выполнена оценка функционального состояния опорно-двигательного аппарата человека в условиях наземного моделирования физиологических эффектов лунной гравитации методом ортостатической гипокинезии, а также последовательного воздействия анти- и ортостатической гипокинезии (как наземной модели пилотируемого полета к Луне и пребывания на лунной поверхности).

В работе впервые выполнены комплексные исследования функционального состояния опорно-двигательного аппарата человека в значительном объеме экспериментальных условий, включающем наземные модельные эксперименты (анти- и ортостатическая гипокинезия, «сухая» иммерсия, вертикальное вывешивание), а также до и после длительных космических полетов с участием космонавтов. Кроме того, в работе использован значительный набор тестовых протоколов, включающих циклические локомоции в различных условиях их реализации (ходьба по горизонтальной и наклонной поверхности, бег, педалирование на велоэргометре), а также скоростно-силовые упражнения с линейной и угловой скоростью движений в суставах.

Впервые в модельных наземных экспериментальных исследованиях (21-суточная антиортостатическая гипокинезия и «сухая» иммерсия) установлено, что снижение максимальной произвольной силы не зависит от времени достижения максимального момента силы. Это указывает на то, что снижение максимальной произвольной силы после антиортостатической гипокинезии и «сухой» иммерсии происходит преимущественно за счет изменения активности медленных двигательных единиц. Подтверждением этому служат результаты анализа электромиографической активности мышц-разгибателей коленного сустава.

С целью верификации метода вертикального вывешивания человека как элемента виртуальной реальности при выполнении локомоций (ходьбы) в условиях разгрузки опорно-двигательного аппарата проведены экспериментальные расчеты угловых скоростей в суставах нижней конечности, полученные методом видеоанализа движений. Соотношения угловых скоростей в суставах вычислены экспериментально в условиях гравитационной разгрузки и сопоставлены с соотношениями ускорений свободного

падения в различных гравитационных условиях (Земля, Марс, Луна). Показано, что моделирование локомоций человека с использованием вертикального вывешивания применительно к пребыванию в различных гравитационных условиях является информативным методом и адекватно воспроизводит изменения биомеханических параметров локомоций, соответствующие разным уровням гравитации.

Научно-практическая значимость

Полученные в работе результаты об изменениях кинематических и электромиографических характеристиках локомоций человека и скоростно-силовых свойств мышечной системы, характеризующих функциональное состояние опорно-двигательного аппарата в различных экспериментальных условиях, составляют основу для разработки и усовершенствования методов диагностики двигательных нарушений в условиях невесомости.

В пред- и послеполетных обследованиях с участием космонавтов и в модельных наземных экспериментальных исследованиях разработана и предложена методология комплексного изучения биомеханических характеристик локомоторных движений человека с применением идентичных методов регистрации и анализа. Предложенный комплексный метод может быть использован для оценки функционального состояния опорно-двигательного аппарата человека не только применительно к задачам гравитационной физиологии, но и с целью диагностики двигательной системы и текущего контроля функционального состояния опорно-двигательного аппарата на разных этапах спортивной подготовки, в системе спортивного отбора и для оценки эффективности профилактических и реабилитационных мероприятий.

Исследования механизмов адаптации опорно-двигательного аппарата человека при различных уровнях гравитационной разгрузки являются важной областью исследований. Понимание этих механизмов может помочь в разработке новых средств и методов профилактики, тренировок и реабилитации, а также применение их в послеполетном периоде реабилитации космонавтов. Дальнейшие исследования и развитие в этой области позволят расширить знания о механизмах адаптации и оптимизации функции человеческого организма в различных гравитационных условиях.

Результаты, полученные при подготовке диссертационной работы, подтверждают необходимость совершенствования существующих и разработки адекватных средств и методов профилактики неблагоприятного влияния невесомости и гипогравитации с целью поддержания высокой работоспособности космонавтов при последовательном воздействии на организм невесомости и лунной гравитации.

Степень достоверности результаты проведенных исследований

Выводы по результатам диссертационной работы основаны на достоверных результатах, которые получены при использовании комплексного подхода, включающего набор современных и технологичных методов исследования, которые в полной мере соответствуют поставленным задачам. Достоверность результатов исследований обусловлена объемом экспериментального материала, достаточным количеством наблюдений и использованием современных аналитических методов. Статистическая обработка результатов выполнена с использованием общепринятых методов анализа данных. Интерпретация результатов осуществлялась на основе анализа данных мировой научной литературы в соответствии с тематикой работы. Выводы сформулированы на основании достоверных результатов, которые представлены в графиках и рисунках.

Оценка выполненной соискателем работы

По актуальности исследования, методическому и научному уровню исследований, новизне, теоретической и практической значимости диссертационная работа Шпакова Алексея Васильевича является законченной научно-квалификационной работой, которая соответствует требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 г., предъявляемых к диссертации на соискание ученой степени доктора биологических наук.

Непосредственное участие автора диссертации заключалось в разработке направления исследований, формулировке цель и задачи исследования, планировании и организации экспериментальных исследований. Полученные данные были обработаны, обобщены и интерпретированы лично автором. Все разделы диссертационной работы выполнены автором при его непосредственном руководстве и личном участии.

По теме диссертации опубликовано 60 печатных работ, в том числе: 24 статьи в журналах из перечня ВАК РФ, а также включенных в базы данных Scopus и Web of Science, 36 тезисов докладов.

Диссертационная работа Шпакова Алексея Васильевича «Механизмы адаптационных перестроек опорно-двигательного аппарата человека при различных уровнях гравитационной разгрузки» по специальности 3.3.7. – Авиационная, космическая и морская медицина является научно-квалификационной работой, отвечающей на поставленные цели и задачи. Положения, выносимые на защиту, сформулированы конкретно и научно обоснованы.

Диссертация Шпакова А.В. соответствует требованиям п. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 г. и не содержит заимствованного материала без ссылок на авторов.

Диссертационная работа Шпакова Алексея Васильевича «Механизмы адаптационных перестроек опорно-двигательного аппарата человека при различных уровнях гравитационной разгрузки» рекомендуется к защите на соискание ученой степени доктора биологических наук по специальности 3.3.7. – Авиационная, космическая и морская медицина.

Заключение принято на заседании секции «Космическая медицина» Федерального государственного бюджетного учреждения науки Государственного научного центра Российской Федерации – Института медико-биологических проблем Российской Академии наук. Присутствовало на заседании 12 человек. Результаты голосования «за» - 12, «против» - нет, «воздержалось» - нет, протокол № 8 от 3 июля 2024 г.

Председатель секции «Космическая медицина» ГНЦ РФ – ИМБП РАН, д.м.н., профессор, академик РАН, гл.н.с.-руководитель научного направления




В.М. Баранов

Секретарь секции «Космическая медицина», д.б.н.

А.М. Носовский