

## **ОТЗЫВ**

**официального оппонента диссертацию на соискание ученой степени кандидата биологических наук Бабанова Никиты Дмитриевича на тему: «Моторный контроль у добровольцев в экзоскелете и при выполнении задачи с визуальной обратной связью» по специальности 1.5.5 – «Физиология человека и животных»**

### **Актуальность темы диссертационной работы.**

Сегодня в клинической практике особый интерес вызывает применение экзоскелетов, например, для реабилитации пациентов с нарушениями моторных функций вследствие острого нарушения мозгового кровообращения, которые меняют условия сенсомоторного контроля человека. В тоже время, активно внедряются методы реабилитации, базирующиеся на формировании необходимого движения в ходе компьютерной игры с настраиваемыми параметрами. Таким образом, сопряжение экзоскелета с компьютерной игрой, где пациент с помощью зрительной обратной связи может решать задачи компьютерных игр позволяет повысить эффективность в вопросах качественной оценки реабилитации пациентов с нарушениями моторных функций. Однако, малоизученным остаётся вопрос адаптационных механизмов, связанных с оптимизацией моторного контроля в двойных задачах с биологической обратной связью при сохранении поз близким к вертикальной стойке, например, таких как «гибридные позы». Особенностью «гибридных поз» является переорганизация мышечных синергий, которая может привести к изменению построения движений верхних конечностей. Использование таких поз диктуется необходимостью внешней поддержки и разгрузки для сохранения опорно-двигательного аппарата человека. В этой связи, тема, цель и задачи диссертационной работы Бабанова Никиты Дмитриевича являются актуальными и могут принести большую практическую пользу.

### **Структура диссертации и оценка ее разделов.**

Работа написана в традиционном стиле, научным языком. Название отражает цель работы, задачи, поставленные автором, структурируют цель и определяют научную новизну исследования. Положения, выносимые на защиту, отражены в выводах, вытекающих из задач исследования.

Диссертационная работа Бабанова Н.Д. полностью соответствует требованиям, предъявляемым ВАК Минобрнауки России, содержит все необходимые разделы и соответствует критерию внутреннего единства.

Диссертация включает в себя следующие разделы: введение, обзор литературы, организация, материалы и методы исследования, результаты, их обсуждение, выводы и рекомендации. Работа изложена на 208 страницах, содержит 38 рисунков и 30 таблиц. В виде приложений представлены таблицы со сводными к разделам результатов. Список литературы содержит 232 источника, из которых 177 опубликовано в зарубежных изданиях. Следует отметить, что большая часть источников датируются последним десятилетием.

**Во введении** излагается актуальность работы, ее научная новизна и научно-практическая значимость. Сформулирована цель и задачи исследований и положения, выносимые на защиту. Научные результаты автор опубликовал в журналах, соответствующих теме диссертации, в журналах «Физиология человека», «Российском физиологическом журнале им. И.М.Сеченова». Необходимо подчеркнуть наличие у автора патента Российской Федерации на «Способ комплексной оценки функции верхних конечностей».

**Обзор литературы** логично построен, отражает современные представления об общих механизмах организации вертикальной позы человека как в нормальных условиях, так и в «гибридной позе», где особое внимание уделено механизмам поддержания постуральной устойчивости человека. Проведенный обзор литературы хорошо систематизирован и всесторонне доказывает актуальность и целесообразность диссертационного исследования, а также профессиональный уровень диссертанта.

**Вторая глава** отражает современные высоко научные методические подходы к решению поставленной проблемы и содержит полную информацию о предмете, объекте и методах исследования и статистической обработки данных. Автором подробно изложены разрабатываемые методики исследования баланса тела и управляющих усилий верхних конечностей, в том числе в пассивном экзоскелете нижних конечностей. Обоснован выбор неинвазивных методов исследования (метода поверхностной электромиографии и стабилотрии) для качественной оценки сенсомоторной организации вертикальной позы. Стоит отметить и использование автором теста по типу пробы Ромберга с закрытием глаз, который провоцирует усиление проприоцептивной афферентации.

Приведены схемы процедуры наблюдения по каждому из трёх исследований. Дано подробное описание используемого оборудования, включая иллюстрации и технические характеристики. Представлены методы статической обработки данных.

**Третья глава** «Результаты» содержит результаты собственных исследований и состоит из трех подразделов.

В первом из них приведены результаты баланса тела испытуемых в обычной вертикальной позе и в «гибридной позе» по электрической активности мышц нижних конечностей и показателям стабилотрии. Диссертант убедительно показал, вклад сенсорных систем в качество поддержания «гибридной» и аналогичных поз. Данное исследование в статичных позах может играть роль «базового» в изучении перемещений человека в пассивных или активных экзоскелетах с учётом таких важных физических факторов как, например, инерция тела человека и устройства. Это несомненно представляет практический интерес при разработке персонифицированных реабилитационных программ.

Второй раздел посвящен результатам управляющих движений рук во время выполнения теста из положения сидя в режиме малоамплитудных движений. Заслуживает внимание полученные в исследовании данные о

различной динамике быстродействия и характере управляющих воздействий (мощность статокинезиограммы и вертикальное усилие на джойстик), что указывает на возможность более явно разделить когнитивный и чисто моторный компоненты обучения. Доказана связь между степенью координации движений и быстродействием. Снижение координации движений и силы давления на джойстик приводили к увеличению времени выполнения задачи. Показана зависимость результативности выполнения малоамплитудных движений от управляющей руки и от числа выполненных сессий.

В третьем подразделе представлены результаты по изучению баланса тела и управляющих движений рук в пассивном экзоскелете нижних конечностей. Убедительно продемонстрированы различия эффективности двигательного контроля при ритмичном раскачивании в вертикальной позе без устройства и в экзоскелете. Доказано, что способ компенсации мышечных усилий и баланс тела могут отличаться в зависимости от плоскости выполнения движения. Вызывают интерес данные о влиянии «сенсорного профиля» добровольцев на эффективность применения экзоскелетов. Так, например, людям с выраженным проприоцептивным контролем будет легче освоить устройство во время выполнения целенаправленных движений.

Доказаны различия между этапами манипулирования в экзоскелете и на табурете, а именно, несмотря на сохранение быстродействия и силы давления джойстиком как в экзоскелете, так на табурете, в экзоскелете сложность манипулирования выше. Это свидетельствует о значительно возросшей сложности задачи исполнения при ношении экзоскелета, что несомненно, следует учитывать при обучении манипуляциям при практическом использовании в медицинской реабилитации экзоскелетов.

Результаты исследования представлены в полном объеме, отражают суть работы.

**Обсуждение** проведено на высоком уровне и в нем Бабанов Н.Д. проявил себя зрелым ученым. Автор анализирует результаты, подводит итоги проведенного диссертационного исследования, сопоставляя их с информацией из обзора литературы, а также обосновывает практическое применение результатов работы. Выводы и практические рекомендации четко сформулированы, подкреплены объективной информацией, полностью отражают суть поставленных задач.

Основные результаты диссертации доложены и обсуждены на многочисленных международных научных конгрессах и конференциях, что указывает на достаточную апробацию. По материалам проведенного исследования опубликовано 18 работ, из них 6 статей в журналах, рекомендованном ВАК Минобрнауки РФ и 1 патент.

### **Научная новизна.**

Автором получен ряд научных результатов, обладающих новизной. Впервые выявлена взаимосвязь стабильности поддержания позы в пассивном экзоскелете нижних конечностей в зависимости от исходных соотношений

сенсорных систем, обеспечивающих свободную вертикальную позу. Впервые установлены особенности системных изменений в управлении руками, предложен метод комплексного анализа функции верхних конечностей, включающий совместную регистрацию силовых показателей и поверхностной электромиографии, а также результата выполнения двигательных реакций. Применен оригинальный метод на «раскачивание» в свободной вертикальной позе и в «гибридной позе», позволяющий оценить объём движений в условиях субъективного ощущения безопасности, которое определяет размах колебаний. Показана важная роль проприоцептивной информации от нижних конечностей в организации движений как нижних, так и верхних конечностей.

#### **Теоретическая и практическая значимость.**

Работа имеет теоретическую значимость, так как она, являясь продолжением исследований о развивающихся адаптациях сложных двигательных актов, вносит вклад в системные представления об организации движений.

Результаты данной работы были использованы в разработке и внедрении курса повышения квалификации врачей в ФГБОУ ДПО РМАНПО «Силовые платформы в оценке регуляции вертикальной позы человека и восстановлении функции равновесия», что подтверждает практическую значимость работы. Также, полученные данные могут быть использованы при разработке новых методов реабилитации с помощью экзоскелетов.

#### **Степень обоснованности научных данных.**

В исследовании приняло участие 65 человек, что достаточно для статистического анализа данных. В работе применяли современные методы параметрической и непараметрической статистики, корреляционный анализ выполнен по методу ранговой корреляции Спирмена. Использовано сертифицированное оборудование с должным метрологическим обеспечением. В целом, знакомство с методикой работы позволяет сказать, что полученные данные являются достоверными.

**Автореферат** полностью соответствует материалам диссертации, в нем содержатся основные задачи исследования, положения, вынесенные диссертантом на защиту, новизна и практическая значимость полученных результатов.

#### **Замечания к работе**

Принципиальных замечаний нет. Положительно оценивая диссертационную работу можно отметить отдельные стилистические и технические ошибки, которые не снижают качество работы. Вместе с тем, для поддержания дискуссии и более полного освещения результатов выполненного исследования хотелось бы услышать мнение автора по следующим вопросам.

1. Какие методы исследования могут быть применены дополнительно для изучения баланса тела?

2. Отмечали ли Вы какие то негативные реакции при проведении исследования в случае применения экзоскелета?
3. Как широко Вы себе представляете спектр использования полученных вами данных у спортсменов различных видов спорта?

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представленная диссертационная работа Бабанова Никиты Дмитриевича на тему: «Моторный контроль у добровольцев в экзоскелете и при выполнении задачи с визуальной обратной связью» является законченной научно-квалификационной работой. По своей актуальности, объему выполненных исследований, достоверности полученных результатов и значимости полученных результатов соответствует требованиям, которые указаны в пунктах 9-14 Постановления Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года N 842 «О порядке присуждения ученых степеней» (с изменениями на 26 сентября 2022 года). Содержание диссертации соответствует паспорту специальности 1.5.5. – «Физиология человека и животных».

Таким образом, соискатель Бабанов Никита Дмитриевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата биологических наук по специальности 1.5.5. – «Физиология человека и животных».

#### Официальный оппонент:

заместитель заведующего филиалом №1 Государственного автономного учреждения здравоохранения г.Москвы «Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины, Департамента здравоохранения города Москвы», главный научный сотрудник отдела спортивной медицины и клинической фармакологии, доктор медицинских наук (14.03.11 - Восстановительная медицина, спортивная медицина, лечебная физкультура, курортология и физиотерапия),

Сичинава Нино Владимировна

Подпись д.м.н. Сичинава Н. В. заверяю  
Начальник отдела кадров Государственного  
автономного учреждения  
здравоохранения г.Москвы  
«Московский научно-практический центр  
медицинской реабилитации, восстановительной,  
спортивной медицины Департамента  
здравоохранения г.Москвы»

105120, г. Москва, ул. Земляной вал, д.53  
Телефон: +74959171597,  
e-mail: [sichi.24@mail.ru](mailto:sichi.24@mail.ru).



Завьялов А.А.