

«УТВЕРЖДАЮ»

Директор Государственного научного  
центра Российской Федерации Института  
медицинско-биологических проблем РАН



Член-корр. РАН  
О.И. Орлов

«10»04

2016 г.

### ОТЗЫВ ведущей организации

на диссертационную работу Юрия Петровича Иваненко «Структурно-функциональная и информационная организация моторного выхода системы управления позой и ходьбой человека», представленную на соискание ученой степени доктора биологических наук по специальности 03.01.09 – математическая биология, биоинформатика

### Актуальность для науки и практики

Диссертационная работа Ю.П. Иваненко посвящена важной проблеме – исследованию структурно-функциональной организации моторного выхода. Раскрытие фундаментальных основ деятельности ЦНС, принципов и закономерностей построения сложных движений, в частности таких многоуровневых и сложнокоординированных, как локомоции и позы в условиях гравитационной среды, является задачей большой теоретической и практической важности. Особую важность в этом плане выполненное исследование представляет не только для развития теоретических взглядов о работе ЦНС, о развитии локомоторной функции у детей раннего возраста, сравнительной физиологии и т.д., но и для новых разделов технических наук таких как робототехника, разработка методов коррекции и реабилитации при различных двигательных нарушениях.

Актуальность этой проблемы для современной биомеханики и нейрофизиологии очевидна, поскольку одной из основных функций центральной нервной системы является управление мышечной активностью. В обеспечении локомоторной функции участвуют многие двигательные структуры ЦНС, однако их роль и значение, а также принципы и схемы управления большим числом мышц до настоящего времени неясны.

Вместе с тем без знания этих механизмов невозможно развитие методов компенсации и искусственного управления этими функциями в условиях патологии. Исходя из сказанного, очевидна особая важность цели настоящей работы, определенной автором как исследование структурно-функциональной и информационной организации моторного выхода системы управления позой и ходьбой человека.

Задачи исследования составляли: поиск новых методов изучения функциональной значимости и пространственно-временной архитектуры активации мотонейронов спинного мозга при ходьбе у здоровых людей и ее нарушениях, выявление сенсомоторных механизмов интеграции активности локомоторной и постуральной систем и роль в них схемы тела, анализ кинематических инвариантов движения, эффекты тонической стимуляции периферических и центральных структур, разработка новых подходов к исследованию механизмов поддержания равновесия тела, получение данных об особенностях развития локомоторной функции и пространственно-временных карт активации мотонейронных пулов спинного мозга у детей, делающих первые шаги, а также у детей новорожденных, исследование моторного выхода спинальных генераторов шагания и пластичности локомоторной программы у людей здоровых и больных с повреждением спинного мозга. Научно-практическая важность этих задач не вызывает сомнений.

### **Основные научные результаты и их значимость для науки и производства**

Несомненна также новизна и научная значимость работы. Автором получены новые данные, характеризующие особенности функционирования разных уровней ЦНС человека при управлении ходьбой и поддержании вертикальной позы. Получение этих важных данных оказалось возможным благодаря использованию автором разработанным им новых подходов к исследованию механизмов поддержания равновесия тела. На основании результатов исследований сформулированы представления о роли тонических влияний в управлении позой и ходьбой человека. Интересны также новые данные о роли гравитации в развитии локомоторной функции у детей, делающих первые в жизни шаги, а также роли локомоторной схемы тела в восприятии движения.

Нужно отметить, что выполнение поставленных в работе задач сопряжено с большими трудностями, обусловливаемыми сложностью объекта управления, определяемой многозвездностью тела человека, большим числом степеней свободы и контролируемых

мышц, а также ограниченностью набора экспериментальных воздействий, допустимых в опытах на человеке. Сложность процессов управления в ЦНС заключается также в том, что, как и подчеркнул автор, один и тот же интернейрон или мотонейрон может участвовать в выполнении десятков или даже сотен различных двигательных задач, а связь между нейронами является не чисто анатомической, а функциональной. Для исследования структурной и функциональной организации мотонейронного выхода спинного мозга автором впервые использованы неинвазивные методы одновременной регистрации активности большого числа мышц при различных походках, беге, ходьбе с помощью экзоскелетона, в процессе развития (включая уникальные данные, полученные на новорожденных детях) а также у больных с повреждениями спинного мозга.

Диссертация состоит из введения, постановки задачи, обзора литературы, методического раздела, большого раздела описания полученных результатов, обсуждения результатов и выводов. Во введении дается обоснование актуальности решаемых проблем, формулируются цель и задачи исследования, положения, выносимые на защиту, научная новизна исследования, обосновывается новизна и теоретическая и практическая ценность диссертационной работы. Основное содержание диссертации состоит в изучении организации моторного выхода и функционирования ЦНС при выполнении двигательных задач. При этом представляется правомерной краткость методической главы. Конкретные особенности методик отдельных опытов изложены в дальнейших главах вместе с результатами их применения. В особой же методической главе приведена только общая характеристика экспериментальных методик. Экспериментальные результаты согласно цели исследования и использованных методик разделены автором на семь частей (главы 2-8). Изложение результатов заканчивается обсуждением, в котором на высоком уровне сопоставляются полученные автором данные с современными результатами других исследователей. Содержание диссертационной работы и представленные выводы соответствуют паспорту специальности 03.01.09.

Достоверность и обоснованность полученных результатов и выводов обеспечиваются четкой постановкой целей и задач исследования и подтверждаются уникальностью экспериментального материала, полученного с использованием подходов и технологий последнего поколения, применением адекватных исследованию математико-статистических методов анализа данных, а также согласованностью экспериментальных результатов автора с данными используемой литературы. Здесь

следует отметить, что представленный в работе обзор литературы включает 302 источника, большую часть из которых составляют работы в период с 2000 по 2015 гг. Использованные методики и обработка экспериментальных данных в сочетании с большим объемом выполненных автором экспериментов позволяют сделать вывод о надежности полученных результатов и достоверности сделанных заключений.

**Практическая значимость** работы определяется тем, что разработанные в ходе исследования методы анализа мышечной активности, пространственно-временных карт активации мотонейронных пулов спинного мозга человека и тонической стимуляции сенсорных входов спинного мозга важны для использования при функциональной диагностике работы нервно-мышечного аппарата, в создании нейропротезов для лечения больных с повреждениями спинного мозга, для ранней диагностики развития локомоторной функции у маленьких детей (например, при детском церебральном параличе) и при других заболеваниях ЦНС, приводящих к нарушению ходьбы и позы.

Результаты исследования и разработок автора многократно докладывались на отечественных и зарубежных форумах. По материалам диссертации опубликованы 110 работ, включая 55 статей в высокорейтинговых международных журналах, таких как Science, J. of Physiology, J. of Neuroscience, Nature Neuroscience, J. of Neurophysiology, Neuroimage, Plos One, Current Opinion in Neurobiology, Neuroscientist, Neurology, Brain и другие.

### **Общие замечания**

Оценивая представленную работу, следует отметить некоторые особенности ее структуры, существенно облегчающие понимание сложного материала, а именно: а) четкость, логичность и завершенность каждого раздела; б) высокую технологичность и разнообразие примененных методик и подходов; в) наличие в каждой из экспериментальных глав короткого обсуждения полученных результатов; г) сложность высокохудожественных комплексных иллюстраций, используемых в тексте в качестве неотделимой от него части.

Имеющиеся в работе недочеты – это стилистические ошибки и местами несколько сжатое изложение материала и методических деталей, связанные с большим числом выполненных экспериментов и разнообразием примененных методик, не

принципиальны и ни в коей мере не снижают ее высокого уровня и значимости и не ставят под сомнение сделанные в итоге выводы.

Содержание и выводы автореферата соответствуют таковым диссертации.

### **Заключение**

Диссертация Иваненко Юрия Петровича является научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований разработаны теоретические положения, совокупность которых можно квалифицировать как научное достижение, вносящее значительный вклад в развитие представлений о структурно-функциональной организации моторного выхода, а также выявляющее ряд важных информационных связей при функционировании разных уровней системы управления движениями.

Диссертация полностью соответствует требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора наук, а ее автор заслуживает присуждения искомой ученой степени по специальности 03.01.09 – математическая биология, биоинформатика.

Отзыв на диссертацию и автореферат обсужден на совместном заседании секции по Космической медицине Ученого Совета ГНЦ РФ - ИМБП РАН, лаборатории физиологии мышечной деятельности и отдела сенсомоторной физиологии и профилактики и отдела, Протокол № от 01.04.2016 г.

Заведующий отделом сенсомоторной физиологии

и профилактики ГНЦ РФ – ИМБП РАН,

Член-корр. РАН доктор медицинских наук,

профессор Козловская Инеса Бенедиктовна

