

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию

Казенникова Олега Васильевича на тему «СЕНСОМОТОРНОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ПРИ ПОДДЕРЖАНИИ ПОЗЫ И ВЫПОЛНЕНИИ ПРОИЗВОЛЬНЫХ ДВИЖЕНИЙ У ЧЕЛОВЕКА», представленную на соискание ученой степени доктора биологических наук по специальности 03.01.09 – математическая биология, биоинформатика

Исследование управлением движениями является одним из подходов при изучении функционирования мозга, позволяющим понять закономерности его работы. Также исследование становления моторной сферы человека в возрастные периоды развития перспективно для изучения нервной деятельности. Двигательное обучение с выработкой нового моторного поведения есть привилегия животных с развитой моторной корой. Это говорит о том, что управление движениями, согласование движения и позы, формирование новых двигательных программ относится к важным функциям нервной системы, а его исследования могут дать результаты, расширяющие наше познание в области физиологии движений.

Поддержание позы, состоящей как в сохранении положения всего тела относительно окружающего пространства, так и в сохранении положения отдельных частей тела относительно друг друга, является важной частью моторной активности у человека и животных. Поэтому механизмы поддержания позы у человека в настоящее время являются предметом интенсивных исследований. Но их понимание осложнено многозвенностью строения тела человека задействованного в позных задачах, необходимостью приспособления к внешним условиям поддержания равновесия. Роль супраспинальных влияний на позную регуляцию выражена больше у человека, чем у животных. Поэтому исследование позной активности у человека представляет важную проблему, которой посвящена диссертация.

Диссертация О.В. Казенникова написана в традиционном стиле на 301 странице машинописного текста и состоит из введения, методической главы, описания результатов и их обсуждения. Заканчивается диссертация выводами. Работа иллюстрирована 60 рисунками и содержит 13 таблиц. Библиографический список диссертации насчитывает 272 наименований, из них 28 на русском и 244 на иностранных языках.

Диссертация состоит из описания результатов многочисленных экспериментов, в которых автор показал, что усложнение условий поддержания позы, приводит к усилению роли моторной коры в ее регуляции. Влияние

моторной коры на позную регуляцию было исследовано при поддержании вертикального положения тела (гл. 1-4), при поддержании положения предплечья во время разгрузки (гл. 5), при поддержании необходимого уровня силы сжатия предмета большим и указательным пальцами во время различных моторных задач (гл. 6-9). При этом в ряде экспериментов внимание было обращено на влияние на позную регуляцию условий поддержания равновесия, афферентной информации о позе или предполагаемых параметров воздействий на нее внешних факторов или произвольных движений.

Большое значение имеет глава, связанная с математическим моделированием поддержания вертикальной позы. В этой главе вертикальная поза человека моделирована одно- и трехзвенной моделями тела человека. При относительно простых предположениях об управлении активностью позных мышц обратными связями и участием рефлекса на растяжения (модель равновесной точки) было получено описание спектральной плотности позных колебаний. Результаты этой модели показали, что позная регуляция в условиях поддержания вертикальной позы может происходить без дополнительной управляющей коррекции. Поэтому основным подходом было сравнение влияний моторной коры на постуральные мышцы при транскраниальной магнитной стимуляции в разных условиях выполнения позных задач. Эксперименты показали, что усложнение условий поддержания равновесия сопровождается усилением влияния моторной коры на мышцы, участвующие в позной регуляции. При поддержании вертикального положения ответы в мышцах ног на транскраниальную магнитную стимуляцию (ТМС) возрастали при стоянии на подвижной опоре, по сравнению с неподвижной опорой. Таким образом, на подвижной опоре активность мышц, осуществляющих движение в голеностопном суставе, находится под активным контролем моторной корой. Поэтому влияния моторной коры на активность мышц руки было изучено при продолжительном удержании предмета в положении устойчивого и неустойчивого равновесия. В результате показано, что при удержании груза в положении устойчивого равновесия влияние моторной коры на мышцы постепенно уменьшалось. Но при удержании предмета в положении неустойчивого равновесия это влияние оставалось постоянным. На основании этого следовал вывод, что при удержании предмета в положении неустойчивого равновесия из-за того, что его движение невозможно предугадать, влияние на мышцы сохраняется повышенным в течение всего времени удержания предмета. Таким образом, влияние моторной коры на активность постуральных мышц зависит как от условий позной задачи, так и от прогноза помех при поддержании позы.

В связи с этим автор рассматривает участие моторной коры в упреждающих изменениях перед произвольным движением или внешним воздействием. Упреждающая подготовка была изучена у стоящего человека при быстром подъеме руки. Известно, что перед подъемом руки за 200 - 300 мс наблюдаются изменения в постуральных мышцах ног и туловища. Проведенные исследования показали, что активность в мышцах ног и туловища сохраняется и в условиях фиксации позы, когда подготовка к произвольному движению не нужна. Из-за того, что в этих условиях активность в постуральных мышцах начинается одновременно с подъемом руки, автор высказал предположение, что частично эта активность является компонентом произвольного движения. Это предположение исследовалось при ловле падающего груза. В этих условиях испытуемый удерживал между большим и указательным пальцами рычаг с чашей, в которую падал груз. За 100-200 мс до удара падающего груза сила сжатия рычага увеличивалась. Результаты изучения падения легкого и тяжелого груза показали, что упреждающая сила соответствует силе удара груза разной массы. Стимуляция моторной коры в разные моменты времени перед ударом выявила, что вызванные ответы в мышцах руки появлялись до начала упреждающего увеличения мышечной активности. Таким образом, показано, что упреждающему изменению активности в мышцах предшествует увеличение возбудимости моторной коры. На основе этого автор делает вывод об участии моторной коры в упреждающих изменениях мышечной активности.

Стимуляция моторной коры также проводилась во время изменений активности мышц во время произвольных движений руки, удерживающей предмет. Известно, что сила сжатия предмета модулируется одновременно с движением руки, т.е. изменение силы сжатия не является следствием инерционного воздействия, а осуществляется в соответствии с планированием движения. Было установлено, что влияние моторной коры на мышцы руки увеличивались во время таких упреждающих изменений. Результаты проведенных исследований позволили автору заключить, что моторная кора участвует в позной регуляции при поддержании позы в усложненных условиях и во время позных изменений перед внешним воздействием или перед выполнением произвольного движения. При бимануальной разгрузке влияние моторной коры проявлялось в большей степени при выработке нового моторного навыка по сравнению с выполнением привычного движения.

Достоверность полученных в ходе экспериментов результатов, исследований и выводов, сформулированных в диссертации, подтверждена анализом литературного материала, использованием в ходе исследования комплекса экспериментальных методов и статистической обработки данных с

применением математического моделирования и трактовкой полученных данных.

Полученные результаты позволили автору сделать вывод об участии моторной коры в позной регуляции. Участие супраспинальных центров ЦНС подтверждаются тем, что при регуляции позы в усложненных условиях изменяется приоритет использования афферентной информации разных источников для выработки внутреннего представления о положении тела и взаимодействии с окружающей обстановкой. Автор показал, что степень использования афферентной сигналов зависит от того, насколько информации этих сигналов указывает на отклонение от равновесия. Автором также установлено, что моторная кора проявляет повышенную активность при упреждающих позных изменения во время произвольных движений и ожидаемых внешних воздействиях.

Данные исследования сделали вклад в понимание принципов управления движениями. Результаты позволили сформулировать представление о том, что приспособление позных механизмов к изменению условий поддержания равновесия происходит при активном участии моторной коры. Полученные результаты соответствуют теории Н.А.Бернштейна об иерархической системе регуляции движениями, в котором более сложные задачи выполняются на более высоком уровне управления, когда каждый уровень выполняет доверенный ему объем двигательных задач.

Следует подчеркнуть практическое значение полученных результатов. Так было показано, что при стоянии на неустойчивой опоре система поддержания вертикального положения изменяет приоритеты использования афферентных сигналов разной модальности для регуляции позы в зависимости от того, в какой степени эти сигналы передают информацию о движении тела. Автором также показано, что реакция на внешнее возмущение зависит как от наличия доступной афферентной информации, так и от сложности моторной задачи. При этом сигналы одного типа не всегда могут быть заменены сигналами другого типа, даже если они содержат одну и ту же информацию.

Таким образом, диссертация О.В. Казенникова представляет научное исследование в весьма важной области физиологии движений – исследования процессов сенсомоторного взаимодействия при поддержании позы и выполнении человеком произвольных движений. Сделанные выводы автор рекомендует использовать специалистам по спортивной физиологии и двигательной реабилитации.

Представленная диссертация формирует направление исследований сенсомоторного взаимодействия, в котором сочетаются классические и современные методы изучения позной регуляции человека. Полученные резуль-

таты помогают в понимании принципов сенсомоторного взаимодействия при выполнении позных задач. Это взаимодействие осуществляется с использованием системы внутреннего представления, вырабатывающей внутреннее отображение собственного тела и окружающего пространства. Работа представляет законченное исследование, позволяющее сделать обоснованные выводы. Результаты работы опубликованы в ведущих и международных научных изданиях. Автореферат представлен на 47 страницах, хорошо иллюстрирован, полностью соответствует тексту диссертации и позволяет получить о ней полное представление.

Оформление диссертации соответствует предъявляемым требованиям ВАК. Можно указать на некоторые неточности при описании материала. На стр. 111 говорится о том, что «рецепторы этой ноги дают более надежную информацию». Но какие именно рецепторы имеет автор ввиду? Также в тексте есть несколько опечаток, например, на стр. 118 «ВМО в приводящей мышце большого пальца руки». В оглавлении не указано присутствие приложения, описывающее математическую модель.

Существенным замечанием является то, что Казенников О. В. при исследовании механизмов позной активности не касается участия мозжечка, как важного отдела головного мозга в процессах регуляции позной активности. Известно, что одной из функций мозжечка является его роль в регуляции позной активности. Мозжечок также отвечает за мышечный тонус, за равновесие тела, за координацию произвольных и рефлекторных движений, за мышечную память. Эти функции мозжечок выполняет рефлекторно. Для их выполнения в мозжечок поступают копии двух потоков информации: афферентной, передаваемой из спинного мозга в кору полушарий головного мозга и эфферентной – от моторных центров коры к спинному мозгу. Анализируя эти потоки мозжечок информирует высшие моторные центры о возникающей ошибке при выполнении двигательных задач. Поэтому поражение мозжечка приводит к расстройствам в поддержании позы и ходьбы человеком. Участие мозжечка в выполнении примененных автором усложненных задач в поддержании позы несомненно. А этого аспекта автор не обсуждает и не делает соответствующих выводов.

Также было бы желательно провести анализ полученных результатов с неврологической клиникой непосредственно на больных, а не ограничиваться предположениями, как полученные результаты могли бы быть применены в диагностике и реабилитационных процедурах больных с нарушениями позной активности и произвольных движениях, как это сформулировано в разделе «Практическая ценность». Фактически практическая ценность полученных результатов автором предположена, но не доказана.

Тем не менее, диссертация Казенникова Олега Васильевича является научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований участия корковых моторных центров головного мозга в регуляции моторных функций у человека получены результаты и разработаны теоретические положения, совокупность которых можно квалифицировать как научное достижение в области физиологии движений, что соответствует 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.

Официальный оппонент, доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник ФГБНУ «Научно-исследовательский институт нейрохирургии имени академика Н. Н. Бурденко»

Сафронов Вадим Александрович

Подпись В.А. Сафронова удостоверяю,
Ученый секретарь ФГБНУ научного учреждения «Научно-исследовательский институт нейрохирургии им. акад. Н.Н.Бурденко»,
к.м.н.

В.В. Карнаухов

21. 05. 2015

Полное название учреждения, где работает составитель:

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Научно-исследовательский институт нейрохирургии имени академика Н. Н. Бурденко»
Российской академии наук,
125047, г. Москва, ул. 4-ая Тверская-Ямская, д. 16,
Тел. моб. 8 963 774 28 88
e-mail: Vsafronov@nsi.ru