

офіційного опонента на дисертацію
Легедзи Олексія Віталійовича
**“АКТИВАЦІЯ М’ЯЗІВ РУКИ ЛЮДИНИ В УМОВАХ ЗОРОВОГО
ВІДСТЕЖЕННЯ БАЗОВИХ ПАРАМЕТРІВ ДВОСУГЛОБОВИХ РУХІВ”**
подану до захисту в спеціалізовану раду Д 26.198.01
при Інституті фізіології імені О.О. Богомольця НАН України
на здобуття наукового ступеня
кандидата біологічних наук за спеціальністю
03.00.13 - фізіологія людини і тварин

Актуальність теми. Обраний автором напрямок наукового дослідження має велике значення для вивчення процесів координації команд центральної нервової системи, а також узгодження функціональної активності груп м’язів, при виконанні цілеспрямованих довільних рухів верхньою кінцівкою, які являють собою найважливіший компонент моторної поведінки людини. В формуванні цієї поведінки бере участь велика кількість надзвичайно складних, нелінійних, по суті, а часто і нестационарних процесів. В результаті цілий м’яз як динамічна система характеризується рядом нелінійних властивостей, аналіз багатьох з яких в даний час може бути проведено виключно на феноменологічному рівні. Незважаючи на появу нових експериментальних підходів до аналізу процесів м’язового скорочення на мікрорівні, традиційні фізіологічні моделі з використанням нервово-м’язового препарату *in vivo* не втратили значення.

Для скоординованого руху окремих частин тіла залучаються спеціалізовані нейрофізіологічні структури, поєднання яких організовано руховими кортикальними областями і аферентними системами. Рухові області кори головного мозку контролюють синергію м’язів, підтримуючи таким чином більш складні інтегровані рухи. Хоча синергічний контроль не є абсолютно обов’язковим для природних рухів людини, важливо, що маючи детальну інформацію про його формування і реалізацію, його можна модифікувати і корегувати. Така інформація має сформувати теоретичну базу для вирішення прикладних проблем моторного контролю, зокрема, зробити практичний внесок у подальшу розробку та вибір реабілітаційних засобів в клініці захворювань опорно-рухового апарату; це може вдосконалити або доповнити програму відновлення рухової функції верхніх кінцівок і тим самим забезпечить підвищення ефективності лікування відповідного контингенту хворих.

У дисертаційній роботі Легедзи О.В. детально досліджено процеси реалізації правою рукою повільних ізометричних зусиль в горизонтальній площині та зворотно-поступальних повільних парафронтальних рухів в умовах дії постійного зовнішнього навантаження у напрямку що співпадає або є протилежним щодо напрямку руху.

Усе вище викладене свідчить про актуальність обраного наукового напрямку досліджень процесів та нейрофізіологічних механізмів координації

моторних команд, під час двосуглобових рухів руки в ізометричному та ізотонічному режимах скорочення м'язів.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконана в рамках теми наукових досліджень відділу фізіології рухів Інституту фізіології ім. О.О. Богомольця НАН України (№ держреєстрації 0118U007349).

Наукова новизна і достовірність одержаних результатів. Описані патерни ЕМГ-активності та центральної координації м'язів плечового поясу та плеча людини в умовах реалізації рукою людини повільних ізометричних зусиль в горизонтальній площині, та зворотно-поступальних парафронтальних переміщень в умовах постійного зовнішнього навантаження. Показано, що м'язи синергисти у перебігу циклічних обертань вектору ізометричного зусилля переважно активуються у відповідних секторах операційного простору в межах яких виступають агоністами по відношенню до даного рухового завдання. При виконанні розгинальних ізометричних зусиль згиначі демонструють відносно більшу ступінь коактивації з розгиначами на фоні переважаючої активності останніх; в той же час, коактивація розгиначів на фоні переважної активації згиначів є менш помітною. Встановлено, що на відміну від реальних рухів зі значними змінами довжини м'язів, гістерезисні ефекти неоднозначності стаціонарного рівня ЕМГ-активності є менш передбачуваними, тобто не становлять сталий зв'язок з передісторією розвитку зусилля. Запропоновано новий метод кількісної оцінки прояву синергетичної взаємодії різних м'язових груп – мультиплікативний індекс синергії (MIS). Використання MIS відтворює у графічному вигляді характер змін синергетичної взаємодії різних м'язових груп при зміні рухових траєкторій. Встановлено, що ступінь прояву синергії м'язів залежить від відстані парафронтальних траєкторій до випробуваного. Для більш дистальних положень показано, що ефекти синергії змінюються в різних напрямках, збільшуючись в згиначах та зменшуючись в розгиначах.

Практичне значення представленої роботи. Дисертаційне дослідження Легедзи Олексія Віталійовича «Активация м'язів руки людини в умовах зорового відстеження базових параметрів двосуглобових рухів» має перш за все важливе фундаментально-теоретичне значення, оскільки в ньому встановлено механізми центральної активації окремих м'язів плечового поясу і плеча, які забезпечують виконання свідомих двосуглобових рухів руки. Отримані в роботі дані можуть сприяти адекватнішому розумінню процесів центральної координації м'язової активності верхньої кінцівки людини під час виконання довільних рухів в різних режимах роботи м'язів. Відповідно, напрацьовані методологічні підходи та результати експериментальних тестів можуть забезпечити відчутний практичний внесок у подальшу розробку та вибір реабілітаційних засобів в клініці захворювань опорно-рухового апарату; це може вдосконалити або доповнити програму відновлення рухової функції верхніх кінцівок і тим самим забезпечить підвищення ефективності лікування відповідного контингенту хворих.

Розробка методологічних підходів до вивчення ЕМГ-активності м'язів

руки людини та напрацьовані підходи математичного моделювання та обробки відповідних моторних команд можуть бути використані в різних задачах ортопедичної і спортивної біоінженерії, моделювання структури і функції опорно-рухового апарата і проектування штучних протезів, а також дослідження біомеханіки в спорті для покращення спортивних результатів.

Повнота викладу результатів у наукових публікаціях. Одержані експериментальні дані достатньо повно відображені в 12 друкованих працях, з яких 7 - статті у фахових виданнях (причому 5 з яких входять до міжнародних наукометричних баз даних SCOPUS та Web of Science). Матеріали дисертації представлені 5 тезами доповідями на наукових конференціях.

Основні положення дисертаційної роботи були представлені для обговорення на II Міжнародному симпозіумі «Molecular mechanisms of synaptic transmission regulation» (Київ, 6-9 жовтня 2012 р.), Міжнародній науковій конференції «Механізми функціонування фізіологічних 4 систем» (Львів, 15-17 жовтня 2014 р.), XIX з'їзді Українського фізіологічного товариства ім. П.Г.Костюка з міжнародною участю (Львів, 24-26 травня 2015 р.), XX з'їзді Українського фізіологічного товариства ім. П.Г.Костюка з міжнародною участю (Київ, 27-30 травня 2019).

Зміст автореферату повністю відповідає основним положенням дисертації.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків та рекомендацій, сформульованих у дисертації. Дисертація виконана на достатньому експериментальному матеріалі за допомогою адекватних сучасних методик відповідно до мети та завдань роботи. Усі наукові положення і висновки цілком обґрунтовані, впливають зі змісту роботи, мають теоретичне і практичне значення.

Як свідчить аналіз представленої наукової праці, дисертація Легедзи Олексія Віталійовича «Активация м'язів руки людини в умовах зорового відстеження базових параметрів двосуглобових рухів» побудована класично та складається зі вступу, огляду літератури, розділу матеріалів та методів дослідження, розділу результатів власних досліджень, їхнього аналізу та узагальнення, висновків та списку використаних джерел. Автор проаналізував значну кількість сучасних літературних джерел вітчизняної та зарубіжної літератури із зазначеної проблематики (загальна кількість 371).

Аналіз структури і змісту дисертації. Дисертація чітко структурована, що в цілому сприяє цілісному розумінню окремих фрагментів роботи, написана науковою мовою. Застосована у роботі наукова термінологія є загальноновизнаною, стиль викладення результатів досліджень, наукових положень, висновків і рекомендацій забезпечує доступність їхнього сприйняття та використання.

Дисертаційна робота Легедзи Олексія Віталійовича структурно повністю відповідає вимогам ДАК МОН України і включає усі відповідні розділи. Вона викладена на 201 сторінках, складається зі вступу, огляду літератури, матеріалів та методів досліджень, результатів досліджень, аналізу та узагальнень результатів досліджень, висновків, списку використаних

джерел. Робота ілюстрована 6 таблицями та 30 рисунками. Список використаних джерел містить 371 найменувань.

У вступній частині окреслено актуальність та проблематику дослідження, обґрунтовано наукову доцільність проведеної роботи, сформульовано мету й завдання дослідження її теоретичне й практичне значення, новизну отриманих даних. Відмічено особистий внесок здобувача, публікацій за темою дослідження й апробації результатів.

В «Огляді літератури» представлений детальний огляд наукової літератури стосовно механізмів коактивації м'язів, синергії м'язового скорочення, найбільш розповсюджених теорій моторного контролю та феномену гістерезису. Аналіз літературних джерел останніх років і наукових праць, свідчить про актуальність роботи. З огляду літератури простежується критичне ставлення автора до цитованих публікацій.

У розділі «Матеріали та методи дослідження» автор науково обґрунтував необхідність використання запропонованих методичних підходів, які є адекватними до основних вимог для наукових робіт та завдань роботи.

В розділі «Результати досліджень» кожна експериментальна серія закінчується короткими висновками та містить список праць автора, у яких оприлюднені дані результати. Загалом, результати наукової експертизи методичного та експериментального розділів роботи вказують на те, що Легедза О.В. є кваліфікованим вченим-експериментатором і він цілком здатний вирішувати складні проблеми сучасної біологічної науки, зокрема в області фізіології людини і тварин.

Заключний розділ «Аналіз і узагальнення результатів» проведених досліджень написано з використанням останніх даних наукових світових досліджень. Представлені в даному розділі матеріали мають безсумнівний теоретичний та практичний інтерес. Висновки є переважно чіткими та лаконічними. Зміст автореферату роботи Легедзи О.В. є ідентичним до основних положень дисертації.

Висновки, зроблені в дисертації, відповідають даним та завданням, поставленим перед дисертантом.

Дисертаційна робота є закінченою працею з актуальними даними і результатами, що мають наукову і практичну цінність.

Дискусійні положення та зауваження. Принципових зауважень щодо дисертації немає. Важливо, що автор самостійно виконував всі експериментальні дослідження, які були основою роботи, але в процесі ознайомлення з матеріалами дисертаційної роботи у нас виникли наступні дискусійні моменти і запитання:

1. Чи враховувався Вами в аналізі експериментальних даних вплив м'язової втоми на помилки позиціювання під час відслідковування руху годографа вектора ізометричного зусилля вздовж кругової траєкторії? Яким чином була обрана кількість спроб однакових рухових завдань для процедури усереднення відповідних ЕМГ реакцій м'язів?

2. У Вашій роботі застосовувалась попередня апроксимація ЕМГ-сигналів за допомогою процедури нелінійної регресії для подальшого їх

порівняння. Відповідно втрачається певна кількість корисної інформації. Чи може це вплинути на результати статистичного аналізу і чи можливо порівнювати ЕМГ-сигнали без попередньої апроксимації?

3. У дослідженнях зворотно-поступальних парафронтальних рухів Ви застосовували постійне тангенційне навантаження, прикладене до кисті руки. Чим обумовлений вибір сили в 1 кг, та як її збільшення може вплинути на активність досліджуваних м'язів в аналогічних експериментальних умовах?

4. У Ваших дослідженнях для реєстрації ЕМГ-сигналів використовувались м'язи поверхневого шару плеча, плечового поясу та передпліччя. Чи можна вважати отримані результати такими, що повністю відображають картину формування центральних команд у перебігу цілеспрямованих рухів?

5. Як Ви вважаєте яку роль гістерезис м'язового скорочення відіграє у процесі набуття нових рухових навичок та тренуваннях?

Висновок про відповідність дисертації вимогам, які пред'являють до наукового ступеня кандидата біологічних наук.

Дисертація Легедзи Олексія Віталійовича «Активация м'язів руки людини в умовах зорового відстеження базових параметрів двосуглобових рухів» виконана у відділі фізіології рухів Інституту фізіології ім. О.О. Богомольця НАН України і є завершеною дослідною роботою, в якій отримані нові науково обґрунтовані експериментальні дані, що в сукупності є суттєвими для розуміння фізіологічних механізмів керування свідомими рухами верхніх кінцівок людини.

Дисертація О.В. Легедзи «Активация м'язів руки людини в умовах зорового відстеження базових параметрів двосуглобових рухів» за своєю актуальністю, науковою новизною, практичним значенням отриманих результатів, обґрунтованістю основних положень та висновків повністю відповідає вимогам п. 11 та п. 13 «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24.07.2013 року №567, які висуваються до кандидатських дисертацій, а її автор заслуговує присудження наукового ступеня кандидата біологічних наук зі спеціальності 03.00.13 - фізіологія людини і тварин.

Офіційний опонент:

професор кафедри медико-біологічних дисциплін
Національного університету фізичного виховання і спорту України,
д.б.н., професор

В.М. Ільїн

Підпис В.М.Ільїна засвідчую.
Проректор з наукової роботи



О. В. Борисова