

ЗАЛЕЖНІСТЬ ДОВЖИНИ ВКОРОЧЕННЯ КАМБАЛОПОДІБНОГО М'ЯЗУ ЩУРА ВІД ШВИДКОСТІ НАРОСТАННЯ ЧАСТОТИ СТИМУЛЯЦІЇ

Продемонстроване явище гістерезису м'язового скорочення на кривих залежностей сила-стимуляція. Нелінійність протікання різних фаз скорочення свідчить про асиметрію роботи скорочувального апарату. Припускається, що при реалізації даних рухів і утриманні цільового положення в механічній активності м'язів присутні складові, не керовані моторною командою.

Hysteresis phenomenon of muscle contractility was demonstrated on force-stimulation graphic. Nonlinearity of different phases of muscle shortening showed asymmetry of contractile apparatus performance as a result of movement prehistory. Suggested that uncontrollable by motor command components are present in mechanical muscle activity.

Вступ. М'яз – є найбільш інерційним елементом рухливої системи, тому його динаміка в значній мірі забезпечує властивість реальних рухів. Виходячи з численних експериментальних даних не виникає сумнівів що динаміка м'язового скорочення є суттєво нелінійною, що обумовлено на сам перед гістерезисом м'язового скорочення котрий в деяких випадках викликає розбіжності при встановленні рівноважної довжини м'язу (1, 2, 3,). Ця властивість м'язу в деякій мірі враховується та компенсується на рівні ЦНС, зокрема при функціонуванні найпростіших спінальних рефлексів центральні нервові команди збільшують швидкість руху (4). В той же час питання про співвідношення нелінійних властивостей м'язу та еферентних сигналів і закономірності перетворення еферентної активності центральних нейронів в динамічний компонент м'язового скорочення залишається відкритим. Все це ставить під сумнів, правило однозначної залежності між основними макропараметрами руху і обумовлює актуальність подальших досліджень механізмів керування рухами.

Адекватна теоретична інтерпретація принципів центрального контролю моторної активності стає можливою лише на основі точних вимірів на простих моделях із максимальними обмеженнями кількості змінних величин. У зв'язку з цим ми обрали об'єктом досліджень відносно повільні (небалистичні), лінійні рухи з наступним утриманням досягнутого положення.

Об'єкт та методи досліджень. Експерименти, виконані на дорослих щурах масою від 0,2 до 0,3кг. При підготовці до експерименту анестезію здійснювали внутрішньочеревинним введенням нембутала (40 мг/кг). Стандартна підготовка включала препарування й канюліровання (для введення фармапрепаратів) і (для виміру тиску), трахеотомію, ламінектомію на рівні поперекового відділу спинного мозку. У ході дослідів, для підготовки до використання модульованої стимуляції еферентів у сегментах L7-S, вентральні корінці перерізуали безпосередньо в місця їхнього виходу зі спинного мозку. Зміну сили виміряли за допомогою чотирьох тензорезисторів, наклеєних із двох сторін на сталеву пластину й включених у мостову вимірювальну схему. Вимірювання довжини м'язу здійснювали прецизійним потенціометричним датчиком.

Результати та їх обговорення. Для виявлення нелінійних ефектів м'язового скорочення на фазах утримання рівноважного стаціонарного стану в залежності від зміни частоти імпульсації еферентних подразників на дотетанічній ділянці скорочення ми використали таку форму модульованого стимуляційного сигналу при аналізі котрого можна було б порівняти встановлені рівноважні рівні скорочення на двох ділянках стаціонарного еферентного подразнення, що мають різну передісторію зміни напрямку руху при підході до аналізованої нами стаціонарної ділянки. З рисунку 1 видно що на фоні попереднього ізотонічного вкорочення розвиток подальшого руху в тому самому напрямку, але вже викликаного підвищенням частоти стимуляції еферентів проходив майже без вповільнення. При зміні часу дотетанічного аферентного подразнення напрямок частотно викликаного руху реалізовувався переходом від однієї статичної характеристики до другої, а безпосередній рух самого м'язу при цьому уповільнювався.

Відмітимо що в описаних режимах м'язового скорочення при переході до зменшення частоти стимуляції еферентів було яскраво виражено вповільнення розвитку динамічних реакцій м'язового скорочення: збільшення сили скорочення м'язу в ізометричних умовах та зменшення сили скорочення при ізотонії. На рисунку видно що подовження м'язу, пов'язане зі зменшенням стимуляційного подразнення, починалось з помітно меншим запізнюванням. Слід відмітити що скорочення часу початку руху було також зафіксовано при використанні для стимуляційного подразнення сигналів більш складної форми.

Таким чином нелінійні ефекти м'язового скорочення які пов'язані з гістерезисом проявляються в динаміці зміни м'язової довжини подібним, чином як при змінах зовнішнього навантаження, так і в умовах перебудови частоти стимуляції еферентів. Ця подібність визначається, на нашу думку, залежністю молекулярних механізмів м'язового скорочення від напрямку зміни довжини м'язу (вкорочення чи подовження).

З отриманих даних можна стверджувати, що гістерезисні ефекти післядії приводять до того, що жорсткість і пов'язані з нею параметри механічного стану м'язу – піддатливість і швидкість зміни довжини, істотно залежать від передісторії руху.

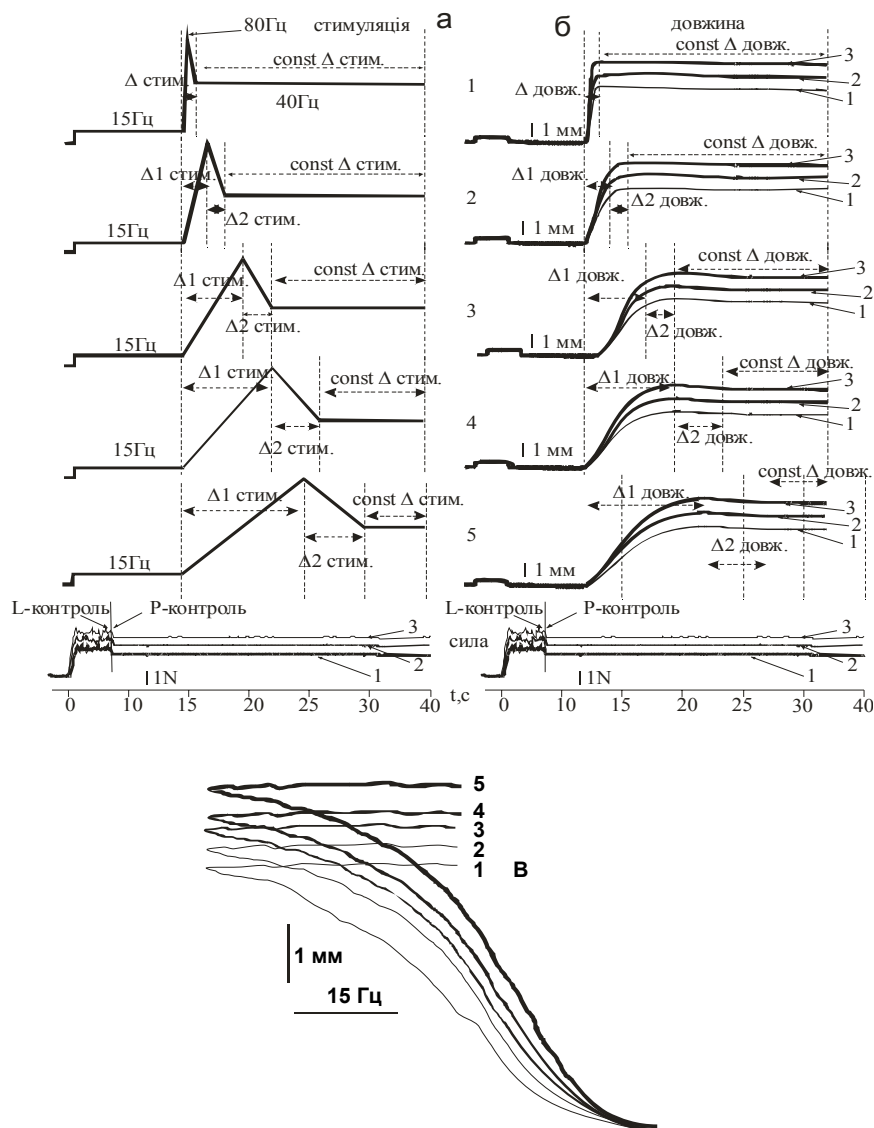


Рис. 1 а,б – зміни довжини скорочення камболовидного м'язу щура залежно від часу досягнення максимального рівня модульованої стимуляції при різних рівнях прикладеного зовнішнього навантаження.

в – залежності зміни довжини скорочення м'язу від розвинутої сили при різних рівнях прикладеного зовнішнього навантаження, та різних рівнів частоти стимуляційного сигналу. 1, 2, 3, 4, 5 – різні швидкості наростання стимуляції

Вертикальними лініями показано початок та кінець модульованої стимуляції, вертикальною пунктирною лінією показано початок постійного рівня модульованого стимуляційного сигналу, Δ стим. – загальна тривалість модульованого стимуляційного сигналу; const Δ стим. – постійний рівень модульованого стимуляційного сигналу, Δ довж. – загальне скорочення камболовидного м'язу щура відповідно до Δ стим., const Δ довж. – скорочення камболовидного м'язу щура відповідно до const Δ стим., L – контроль – контроль зміни довжини (ізометричний режим скорочення), P – контроль – контроль постійного рівня навантаження (ізотонічний режим скорочення), 1, 2, 3 – різні рівні прикладеного зовнішнього механічного навантаження.

Враховуючи ці данні важко припустити, що абсолютна величина переміщення може бути задана ЦНС у вигляді рівня еферентної активності, що надходить до м'язів. Це також підтверджується даними, отриманими на нейронах моторної кори (5), згідно яким активність пірамідних нейронів слабо виявляла пряму кореляцію з величиною переміщення. Подібні реакції спостерігались і на рівні мотонейронів спинного мозку (6), що посилюють рухові команди безпосередньо до м'язів.

На нашу думку, продемонстроване явище гістерезису на кривих залежностей сила-стимуляція, пов'язане з асиметрією генерації сили скорочення саме на післятетанічних ділянках, і здійснюється внаслідок спрацювання різних молекулярних компонентів в елементах скорочувального апарату м'язу на різних фазах скорочення.

Отже, продемонстрована нелінійність протікання різних фаз скорочення показує асиметрію роботи скорочувального апарату внаслідок наявності передісторії руху. На підставі отриманих даних можна зробити висновок про те, що при скороченні м'язового волокна з нативного стану спокою, включаються більш складні молекулярні механізми скорочення порівняно зі скороченням початим зі стану попередньої напруги волокна. Розбіжності в значеннях приросту сили, що спостерігались нами, говорять про наявність складних молекулярних механізмів, на післятетанічних ділянках скорочення. При цьому необхідна наявність постійного міцного зв'язку між активними й міозиновими протофібрилами саме на ділянках скорочення, які відповідають генерації сили у фазах динамічної невідновленості. Можливість такого постійного міцного зв'язку може забезпечувати робота двох голівок міозину по черзі.

1. Мірошниченко Н.С., Ноздренко Д.Н., Залоіло І.А. // Динаміка скорочення ізолюваного м'язового волокна жаби при високочастотній модульованій стимуляції. – Фізика живого. – 2002. – 10, №1. – С. 41-48.
2. Мірошниченко М.С., Ноздренко Д. М Прилуцький Ю.І., Шут А.Н. // Влияние температуры на динамику мышечного сокращения скелетного волокна лягушки, вызванного модулированной электростимуляцией. Фізика живого – 2005 р., Vol. 13, No.1. – С 71-781. 3. Tal'nov A.M., Cherkassky V.L., Kostyukov A.I. Movement-related and steady state electromyographic activity of human elbow flexors in slow transition movements between two equilibrium states // Neuroscience – 1997. – V.79,

№3. – P. 923-9331. 4. Kostyukov A. I., Korchak O. E. // Length changes of the cat soleus muscle under frequency-modulated distributed stimulation of efferents in isotony. – Neuroscience. – 1998. – 82, №3. – P. 943-955.
5. Ноздренко Д.Н., Тальнов А.Н. // Реакції нейронів первинної моторної кори кішки при переході передньої лапи з одного рівноважного положення в інший. // Фізіологічний журнал. Том 48, №2, 2002 р. с. 57-58.
6. Kostyukov A.I. // Muscle hysteresis and movement control: a theoretical study Neuroscience. – 1998. – Mar 83(1). – P.303-20.

Надійшла до редколегії 27.05.09

УДК 612.82/83; 612.821

Н. Філімонова, канд. фіз.-мат. наук, М. Макачук, д-р біол. наук,
Т. Мірошник, канд. біол. наук, К. Качуріна, студ.

ВЗАЄМОЗВ'ЯЗКИ МІЖ ПОКАЗНИКАМИ АСОЦІАТИВНОЇ І ОПЕРАТИВНОЇ ПАМ'ЯТІ У ЖІНОК ТА ЧОЛОВІКІВ

Розроблено комп'ютерний аналог відомих психологічних методик дослідження асоціативної пам'яті людини. Показано, що комп'ютерний тест асоціативної пам'яті за схожістю є валідним при співвідношенні 1 правильне слово до 3 "шумових". Тест асоціативної пам'яті складається з наступних субтестів: асоціації за схожістю (режим тренування); асоціації за схожістю; асоціації за контрастом; асоціації за суміжністю за часом; асоціації за суміжністю за простором та створення асоціативних пар (нелогічні асоціації). Показано, що структура кореляційних взаємозв'язків між показниками оперативної механічної та асоціативної пам'яті є різною у жінок і чоловіків. У чоловіків спостерігається функціональна система оперативної пам'яті на цифри, літери і геометричні фігури. У той же час у жінок така система є тільки на цифри і літери, а оперативна пам'ять на геометричні фігури взаємопов'язана з асоціативною пам'яттю. У чоловіків пам'ять на цифри і літери взаємопов'язана з асоціативною пам'яттю за суміжністю та нелогічними асоціаціями. У жінок функціональна система асоціативної пам'яті є більш широкою і різноманітною. Можливо саме наявність взаємозв'язків між різними функціональними системами, їх менша спеціалізованість є поясненням наявності більш широкої норми реакції у жінок, ніж у чоловіків.

The computer analogue of known psychologic procedures of research of associative memory of the person is developed. It is shown, that the computer test of associative memory on similarity is valid at an interrelation 1 correct word to 3 noise words. Tecm associative memory consists of following subtests: associations on similarity (a training mode), associations on similarity, associations on contrast, associations on a contiguity on space, association on a contiguity on time and building of associative pairs (not logic associations). It is shown, that structure of correlation interrelations between parameters of mechanical and associative memory different at women and men. At men the functional system of operative memory on numbers, letters and geometrical figures is observed. At the same time, at women such system is only on numbers and letters, and operative memory on geometrical figures is interconnected with associative memory. At men memory on numbers and letters is interconnected with associative memory on a contiguity and not logic associations. At women the functional system of associative memory is wider and various. Presence of interrelations between different functional systems is probable, their smaller specialization is an explanation of presence of wider reaction norm at women, than at men.

Вступ. Дослідження когнітивних стилів та їх впливу на різноманітні сторони поведінки людини є одним із найперспективніших напрямків вивчення індивідуальних особливостей особистості. Пам'ять – це когнітивний процес, який являє собою систему впізнання, запам'ятовування, збереження, відновлення та забування здобутого досвіду. Перші спроби науково пояснити феномен пам'яті на психологічному рівні були зроблені асоціативним напрямом психології. Центральним в асоціативній психології є поняття асоціації, що означає зв'язок, поєднання. Під асоціацією розуміється відображення у свідомості людини взаємозв'язку між предметами, явищами дійсності і психічних сприйняття, відчуттями, руховими актами, представленнями і т.д. Механізм асоціації полягає в установленні зв'язку між враженнями, що одночасно виникають у свідомості. Асоціації, як правило, з'являються без активного сприйняття. Залежно від умов, необхідних для їх утворення, асоціації поділяють на такі типи: за схожістю, суміжністю, контрастом та творчі (нелогічні, утворені асоціації) [1-2]. Асоціація за схожістю спостерігається тоді, коли в мозку відображаються зв'язки між предметами, схожими у певному відношенні. Асоціація за суміжністю – це відображення в мозку людини зв'язків між предметами та явищами, які йдуть один за одним у часі (суміжність у часі) або перебувають поряд один з одним у просторі (суміжність у просторі). Асоціації за суміжністю виникають при згадуванні подій, свідком яких була людина, при заучуванні навчального матеріалу тощо. Асоціація за контрастом утворюється при відображенні в мозку людини предметів та явищ об'єктивної дійсності, що пов'язані між собою протилежними ознаками (високий-

низький, швидкий-повільний, веселий-сумний) [1-2]. Крім того, людина має здібність створювати сполучення або об'єднання, які відрізняються від усього, що він будь-коли дійсно переживав (творчі асоціації) [2-3]. Генерування асоціацій ґрунтується на швидкій реакції на слово-подразник. Подібна реакція є глибоко індивідуальною і залежить від інтелекту людини, його темпераменту, умов, психофізіологічного стану і т.д. [3].

Крім того, відомо, що швидкість переробки інформації людиною є функцією обсягу короткочасної пам'яті. Короткочасна пам'ять характеризується відносно коротким часом зберігання інформації (до 30 с), яка губиться по мірі дії часового фактора або через надходження нової інформації, і невеликою кількістю відтворюваних елементів [4]. Як правило, при дослідженні короткочасної пам'яті основним питанням є питання її обсягу. Розроблено комп'ютерні тести визначення обсягу короткочасної пам'яті на цифри, літери та геометричні фігури [5]. Відкритим є питання – чи пов'язані показники механічної оперативної пам'яті з показниками асоціативної пам'яті людини? Для дослідження цієї проблеми було створено комп'ютерний аналог психологічних методик дослідження асоціативної пам'яті людини та проведено комп'ютерне тестування як механічної оперативної, так і асоціативної пам'яті обстежуваних.

Об'єкт та методи досліджень. Метою роботи було створити комп'ютерний аналог відомих психологічних методик дослідження асоціативної пам'яті людини. За класичною методикою обстежуваному пред'являються 15 пар слів з інтервалом 5 с. Після чого через 1 хв. зачитуються перші слова цих пар. Впродовж 10 с обстежувані записують друге слово пари [6]. Визначається