

## **РОЗДІЛ XIII. ФІЗІОЛОГІЯ РУХІВ**

### **ВПЛИВ СКОРОЧЕНЬ М'ЯЗІВ ВЕРХНЬОЇ КІНЦІВКИ НА ВЕЛИЧИНУ Н-РЕФЛЕКСУ КАМБАЛОПОДІБНОГО М'ЯЗА ЛЮДИНИ**

**Г.А. Богуцька, Е.І. Сливко**

Запорізький державний медичний університет

У здорових людей досліджували Н-рефлекс камбалоподібного м'яза, який реалізується через двонейронну рефлекторну дугу. Методом парних стимулів вивчали зміни його величини під впливом скорочення іпсилатерального двоголового м'яза плеча, яке викликали електричною стимуляцією. Її здійснювали за допомогою поверхневих електродів, які розміщували на черевці м'яза. Сила струму не досягала болювого порога шкірних рецепторів. Н-рефлекс камбалоподібного м'яза викликали через 20 мс – 1500 мс після стимуляції двоголового м'яза плеча. Отримані результати показали, що кондиціонувальна стимуляція викликає двофазні зміни величини тестованого Н-рефлексу. Перша фаза проявлялася у його полегшенні. Воно розвивалося після латентного періоду 20–40 мс. Його середня величина сягла максимуму через 100 мс після нанесення кондиціонувального стимулу. Після цього виникло гальмування Н-рефлексу. Воно спостерігалось вже при інтервалі 300 мс, а при 700 мс виявилось найбільш глибоким. Середня тривалість гальмування сягла 1500 мс. Наявність латентного періоду перед початком фази полегшення Н-рефлексу дає підстави вважати, що вона не є наслідком дії центральних моторних програм, а має рефлекторне походження. Електрична стимуляція була здатна впливати не тільки на двоголовий м'яз, але і на шкірні рецептори. З метою перевірки цього припущення вивчали зміни величини Н-рефлексу при стимуляції шкіри плеча аналогічною силою струму у ділянці, дія на яку не викликала м'язових скорочень. Стимуляція шкірних рецепторів викликала полегшення Н-рефлексу, подібне до того, яке виникало при скороченні двоголового м'яза плеча під дією електричної стимуляції. В обох випадках йому передувало латентний період тривалістю до 40 мс. Проте при стимуляції рецепторів шкіри плеча не спостерігалось подальшого гальмування Н-рефлексу. Подібні результати були отримані при черезшкірній стимуляції іпсилатерального серединного нерва в ділянці ліктьового згину. Після латентного періоду тривалістю до 50 мс спостерігалось полегшення Н-рефлексу камбалоподібного м'яза без його подальшого гальмування. Результати дослідів вказують на те, що активація рецепторів м'яза верхньої кінцівки внаслідок його скорочення впливає на величину тестованого Н-рефлексу камбалоподібного м'яза. Його тривале гальмування є свідченням зниження тону м'язів нижньої кінцівки, яке відбувається при ініціації рухів верхніх кінцівок. Це явище може відігравати роль у перерозподілі м'язового тону під час рухової активності.

### **АКТИВАЦІЯ М'ЯЗІВ РУКИ ЛЮДИНИ ПРИ ЗДІЙСНЕННІ ЦІЛЕСПРЯМОВАНИХ ІЗОМЕТРИЧНИХ ЗУСИЛЬ**

**І.В. Верещака, В.І. Хорєвін, А.В. Горковенко**

Інститут фізіології ім. О. О. Богомольця НАН України, Київ

Під час експерименту людина мала відтворювати наперед задану динаміку зміни зусилля, що створювалося м'язами плеча та плечового пояса правої руки. При цьому плече, лікоть і кисть розміщувалися в горизонтальній площині, кути ліктьового та плечового суглобів залишалися незмінними упродовж експерименту, а променево-зап'ястковий суглоб було знерухомяно. Вектор зусилля лежав у горизонтальній площині руки, та його орієнтація також не змінювалася під час досліду. На моніторі комп'ютера за допомогою однієї мітки задавалася команда часового перебігу зусилля, а інша мітка відображала

його реальну величину, що реєструвалося відповідним датчиком. Завдання тестованого полягало в формуванні сили з максимальним наближенням другої мітки до першої. Під час виконання тестових рухів реєструвалася електроміографічна активність (ЕМГ) досліджуваних м'язів плеча та передпліччя. Досліджені особливості зміни ЕМГ в задачах лінійного зростання сили з різною швидкістю. Було вивчено вплив ізометричного зусилля на ЕМГ, досліджені чотири напрямки, при яких генероване зусилля створювало тенденції руху однакового спрямування в обох суглобах (згинання або розгинання) або протилежних, згинання в одному та розгинання в іншому. Особливу увагу було приділено вивченню швидкого (балістичного) наростання зусилля. Встановлено, що під час виконання повільного зусилля (4 с) часовий перебіг усередненої ЕМГ був фактично наближений до зміни у часі зусилля, при цьому швидкість наростання рівня ЕМГ була прямопропорційна швидкості наростання зусилля. Формування вираженого динамічного компонента ЕМГ з'являлося тільки в умовах балістичного наростання сили. Подібний перебіг центральних команд, що зареєстровано при ізометричній генерації сили, суттєво відрізняється від рухів, що виконуються в ізотонічних умовах. Встановлено також, що динамічний компонент ЕМГ під час згинаючих зусиль був виражений більш потужно, ніж при розгинаючих. Проведений аналіз центральних команд в ізометричних скороченнях м'язів передбачається використати при вивченні особливостей центрального керування двосуглобними рухами, що здійснюються в умовах ізотонічного навантаження м'язів.

### **ЗМІНИ СПЕКТРАЛЬНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЕЛЕКТРОЕНЦЕФАЛОГРАМИ ЛЮДИНИ ПІД ЧАС ДОВІЛЬНИХ ЦИКЛІЧНИХ РУХІВ ПРАВОЇ КИСТІ: ВПЛИВ ЛОКАЛЬНОГО КОНТРАЛАТЕРАЛЬНОГО ОХОЛОДЖЕННЯ**

**В.В. Гаркавенко, В.В. Корнєєв, О.П. Маньківська, А.М. Шевко, Т.Г. Омельченко**

Інститут фізіології ім.О.О.Богомольця НАН України, Київ  
vgar@biph.kiev.ua

За участю 11 добровольців досліджували зміни ЕЕГ під час довільних циклічних рухів пальців правої кисті, що забезпечували переміщення гнучкого шнура (довжина 220 см) у вигляді кільця. Безперервне виконання повних обертів кільця перший раз та вдруге розглядали як першу та другу фази тесту Ф1 та Ф2. Цей руховий тест виконували в різних умовах: за відсутності додаткового соматичного подразнення (умова 1) та під час локального охолодження пальців лівої кисті (умова 2). Холодове подразнення здійснювали в результаті занурення в охоложену до 1–2°C воду IV та V пальців лівої кисті. Інтенсивність відчуття під час подразнення не перевищувала больовий поріг. Реєстрація ЕЕГ здійснювалась у 16 відведеннях ( $F_{p1}$ ,  $F_{p2}$ ,  $F_3$ ,  $F_4$ ,  $C_3$ ,  $C_4$ ,  $P_3$ ,  $P_4$ ,  $O_1$ ,  $O_2$ ,  $F_7$ ,  $F_8$ ,  $T_3$ ,  $T_4$ ,  $T_5$ ,  $T_6$  за міжнародною системою 10–20). Як референтний електрод використовували об'єднаний вушний електрод. Були проаналізовані спектральні потужності (СП) в таких частотних діапазонах ЕЕГ:  $\Delta$  (2–4 Гц),  $\theta 1$  (4–6 Гц),  $\theta 2$  (6–8 Гц),  $\alpha 1$  (8–10,5 Гц),  $\alpha 2$  (10,5–13 Гц) та  $\beta 1$  (13–18 Гц). Незалежно від умов виконання рухового тесту, під час рухів СП  $\Delta$ -ритму збільшувалась особливо в межах Ф2, а потужності  $\theta 2$ ,  $\alpha 1$ ,  $\alpha 2$  під час Ф1 – зменшувались. У межах Ф2 і умові 1 потужність  $\theta 1$ -коливань зростала. Зменшення потужності  $\alpha$ -коливань відносно вихідного стану під час виконання Ф2 спостерігалось лише в умові 1 і було більш виразним в  $\alpha 2$ -ритмі. В умові 2 порівняно з умовою 1 в обох фазах тесту зменшувались потужності  $\theta 1$ -ритму, а також величина відношень  $\theta 1 / \alpha 1$  та  $\theta 1 / \alpha 2$ . Ці зрушення, можливо, відображали мобілізацію ресурсів уваги при виконанні рухів в умовах додаткового сенсорного подразнення. В умовах охолодження (умова 2) показник міжіндивідуальної варіативності змін СП ритму у Ф2 рухового тесту відносно його першої фази підвищувався в обох діапазонах  $\alpha$ -ритму і зменшувався у  $\Delta$ -коливань. Отримані результати показують, що локальне охолодження добольової інтенсивності істотно модулює патерн ЕЕГ під час реалізації довільних циклічних рухів.

## ДОСЛІДЖЕННЯ ЦЕНТРАЛЬНИХ КОМАНД, ЩО НАДХОДЯТЬ ДО М'ЯЗІВ РУКИ ЛЮДИНИ В ДВОСУГЛОБНИХ РУХАХ

**А.В. Горковенко**

Інститут фізіології ім. О. О. Богомольця НАН України, Київ

Перед людиною ставилося завдання відтворення певної траєкторії руху кисті правої руки в горизонтальній площині. Координати референтної точки кисті (РТК) відслідковувалися за допомогою механічної консолі, що мала змогу обертатися, реєструючи кут повороту та відстань РТК від центру обертання. Додатково система валів та гумових пасів надавала змогу прикладати зовнішні навантаження до РТК. Команда траєкторії руху задавалася на екрані комп'ютера міткою, яку необхідно було відстежити за допомогою мітки реального положення кисті, тобто РТК. Окрім реальної траєкторії руху, також реєструвалася електроміографічна активність (ЕМГ) м'язів плеча та передпліччя. Траєкторія руху РТК розраховувалася, виходячи з антропометричних даних людини таким чином, щоб деякі частини траєкторії могли виконуватися не тільки одночасною зміною плечового та ліктьового кутів, а також внаслідок руху виключно в одному суглобі при статичному положенні іншого. Швидкість руху РТК обиралася досить низькою, аби уникнути впливу інерційних сил, що виникають внаслідок прискореного руху сегментів кінцівки. Виконуючи завдання, тестований мав спочатку перемістити РТК з однієї точки операційного простору в іншу за рахунок послідовної зміни кутів суглобів, а потім здійснити переміщення РТК між тими ж точками в результаті одночасного руху в обох суглобах. Порівняння ЕЕГ при сумісному та послідовному обертанні суглобів виявило, що ЕМГ м'язів при сумісних обертаннях може бути представлена як лінійна суперпозиція ЕМГ відповідних м'язів при послідовній зміні суглобних кутів. Так було показано, що ЕМГ м'язів при сумісному руху в суглобах може бути отримано за допомогою сумарної ділянок ЕЕГ в послідовних рухах. Припускаючи, що ЕЕГ є відображенням центральної команди, яку спрямовує ЦНС до певного м'яза, можна зробити висновок, що керування двосуглобними повільними рухами відбувається за рахунок команд, які використовуються для виконання односуглобних рухів.

## ТОРМОЖЕНИЕ Н-РЕФЛЕКСА КАМБАЛОВИДНОЙ МЫШЦЫ ЧЕЛОВЕКА ПРИ СОКРАЩЕНИЯХ МЫШЦ КОНТРАЛАТЕРАЛЬНОЙ НИЖНЕЙ КОНЕЧНОСТИ

**Е.З. Иванченко**

Запорожский государственный медицинский университет

У здоровых людей регистрировали Н-рефлекс, отводимый от камбаловидной мышцы, который вызывали чрезкожной электрической стимуляцией афферентных волокон большеберцового нерва в области подколенной ямки. Методом парных стимулов исследовали динамику изменений его величины под влиянием сокращений мышц контралатеральной нижней конечности: трехглавой мышцы голени, передней большеберцовой мышцы и четырехглавой мышцы бедра. Кондиционирующие мышечные сокращения вызывали одиночными импульсами магнитного поля от магнитного стимулятора «Нейро-МС», катушку которого помещали на поверхности тела над стимулируемой мышцей. Сокращения всех исследованных мышц сопровождались торможением тестируемого Н-рефлекса камбаловидной мышцы. Максимальная глубина торможения соответствовала тест-интервалам продолжительностью 500–700 мс, а его длительность составляла 2–3 с. При стимуляции различных мышц показатели торможения не обнаружили значительных отличий. Глубина торможения не изменялась существенно на фоне тонического напряжения тестируемой камбаловидной мышцы в условиях произвольного подошвенного сгибания, что свидетельствует о локализации тормозного эффекта в пресинаптической части дуги Н-рефлекса. Длительное контралатеральное пресинаптическое торможение, возникающее рефлекторно в результате мышечных сокращений, может играть роль в перераспределении мышечного тонуса при движениях нижних конечностей.

## ПРОГНОЗУВАННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ МОЖЛИВОСТЕЙ ОРГАНІЗМУ ПРИ ТРИВАЛІЙ ІНТЕНСИВНІЙ М'ЯЗОВІЙ ДІЯЛЬНОСТІ

**І.О. Іванюра, Е.О. Глазков, В.М. Раздайбедін, С.Г. Лисенко**

Луганський національний університет ім. Тараса Шевченка

Одним із найбільш актуальних, важливих практичних завдань є вироблення критеріїв, які могли б бути кількісною мірою оцінки функціональних зрушень в організмі при тривалій інтенсивній м'язовій діяльності. Ми виходили з передумови, що прояви функціональних можливостей найбільш чіткі для нервово-гуморальної регуляції, а також важлива роль належить перебудові активності ферментних систем і метаболічних процесів. Кількісні величини найважливіших властивостей функціональних систем визначали за результатами аналізу ступеня впливу на організм різних за тривалістю і рівнем інтенсивності фізичних навантажень у 200 студентів відділення олімпійського резерву Інституту фізичної культури і спорту. За результатами досліджень виявлено зв'язок між рівнем фізичного навантаження та змінами у показниках імунного і метаболічного гомеостазу. Тривала м'язова діяльність, яка неадекватна функціональним можливостям організму, вносить зміни до системи перекисного окиснення ліпідів та системи антиоксидантного захисту, які характеризуються збільшенням у крові продуктів перекисного окиснення ліпідів – дієнових кон'югатів та малонового діальдегіду, зниження активності каталази та супероксиддисмутази – ферментів антиоксидантного захисту. Поряд з цим знижувалася фагоцитарна активність моноцитів і нейтрофілів, що проявлялося у зниженні фагоцитарного індексу й фагоцитарного числа. Отже, є підстави вважати, що наявність суттєвих змін у системі імунного і метаболічного гомеостазу можна розглядати як один із опосередкованих показників оцінки функціонального стану організму. На основі результатів досліджень кардіореспіраторної системи доведено, що прогнозування функціональних можливостей системи дихання при неадекватних фізичних навантаженнях, які зумовлені змінами у морфології дихального апарату, базується на визначенні кількісної індивідуальної структури рівнів економичності зовнішнього дихання. Вдалося виділити найінформативніші показники швидкісних потоків легеневої вентиляції (об'єм форсованого видиху, максимальна об'ємна швидкість, рівень пікової об'ємної швидкості, рівень індексу Тиффно) для прогнозування функціональних можливостей організму. Несприятливі зрушення в діяльності регуляторних систем і їх вплив на функціональний стан серця в організмі юнаків виявлено за одержаними результатами гістографічних досліджень і побудови фазової траєкторії. При неадекватності фізичних навантажень функціональному стані організму вектор на фазовій площині був спрямований у ділянку перенапруження.

## ПРОСТОРОВО-ЧАСОВІ ПОКАЗНИКИ ХОДИ ПРИ ВИКОНАННІ ПОДВІЙНИХ ЗАВДАНЬ У ЗДОРОВИХ ЧОЛОВІКІВ ЮНАЦЬКОГО ТА ПЕРШОГО ЗРІЛОГО ВІКУ

**М.В. Йолтухівський, О.В. Богомаз**

Вінницький національний медичний університет ім. М.І. Пирогова

Щоденна діяльність людини вимагає виконання більше ніж одного завдання одночасно. Здатність виконувати інше, вторинне, завдання під час ходи (хода з подвійним завданням) надає людині значні переваги, оскільки дає змогу вільно спілкуватися, переміщувати об'єкти з одного місця на інше, контролювати навколишнє середовище з метою уникання загроз. Метою дослідження було встановити та проаналізувати просторові та часові показники ходи в здорових чоловіків юнацького та першого зрілого віку при виконанні подвійних, зокрема рухових, завдань, використовуючи автоматизовану систему GAITRite®. При ходьбі доріжкою чоловіки повинні були утримувати перед собою обома руками піднос з кулею таким чином, щоб куля завжди знаходилась посередині підноса. Встановлено, що довжина кроку для лівої ноги становила  $61,40 \text{ см} \pm 8,7 \text{ см}$ , для правої –  $61,50 \text{ см} \pm 8,32 \text{ см}$ . Довжина подвійного кроку

для лівої ноги  $123,07 \text{ см} \pm 16,79 \text{ см}$ , для правої –  $123,18 \text{ см} \pm 16,82 \text{ см}$ . Час кроку для лівої та правої ноги був  $0,59 \text{ с} \pm 0,1 \text{ с}$ . Час крокового циклу для лівої ноги був  $1,18 \text{ с} \pm 0,19 \text{ с}$ , для правої ноги –  $1,18 \text{ с} \pm 0,2 \text{ с}$ . Час переносу правої ноги становив  $0,46 \text{ с} \pm 0,06 \text{ с}$ , лівої ноги –  $0,46 \text{ с} \pm 0,07 \text{ с}$ . Час опори на праву ногу був  $0,73 \text{ с} \pm 0,14 \text{ с}$ , на ліву ногу  $0,72 \text{ с} \pm 0,13 \text{ с}$ . Час подвійної опори, тобто опори одночасно на дві ноги в кроковому циклі кожної ноги становив  $0,26 \text{ с} \pm 0,08 \text{ с}$ . У загальній структурі організації циклу ходи встановлено такі співвідношення. Час переносу ноги від загального часу крокового циклу був для лівої ноги  $39,09\% \pm 1,86\%$ , для правої –  $38,73\% \pm 1,85\%$ . Час стояння відносно часу крокового циклу був  $60,91\% \pm 1,86\%$  для лівої і  $61,28\% \pm 1,85\%$  для правої ноги. Час опори на одну ногу для лівої ноги становив  $38,78\% \pm 1,88\%$ , для правої –  $39,05\% \pm 1,9\%$  від загального часу крокового циклу, а час опори на обидві ноги становив в кроковому циклі лівої ноги  $21,71\% \pm 3,22\%$ , правої ноги –  $21,58\% \pm 3,13\%$ . Установлено, що інтегральний кількісний показник загальної якості («нормальності») ходи (Functional Ambulation Profile – FAP), який в нормі за даними розробників GAITRite® повинен бути в межах 95–100%, становив  $92,27\% \pm 8,18\%$ . Значне зниження цього показника може свідчити про зміну показників регуляції, задіяних у підтримці рівноваги під час такої ходи у здорових чоловіків. А ступінь відхилення може виступати як критерій оцінки зміни регуляції. Це узгоджується з «першою гіпотезою пози», висунутою Shumway-Cook та ін., згідно з якою в ситуації зростаючої загрози ушкодження суб'єкт віддає перевагу контролю пози або стабільності ходи над виконанням вторинного одночасного завдання, щоб знизити ризик падіння та ушкодження.

## **ДИНАМІКА ЗМІН Н-РЕФЛЕКСУ КАМБАЛОПОДІБНОГО М'ЯЗА ПІСЛЯ КОНДИЦІОНУЮЧОГО СТОМЛЕННЯ У ЛЮДЕЙ, ТРЕНОВАНИХ І НЕТРЕНОВАНИХ ДО ФІЗИЧНОГО НАВАНТАЖЕННЯ**

**О.В. Колосова**

Інститут фізіології ім. О. О. Богомольця НАН України, Київ  
olena\_kolos@ukr.net

Досліджували вплив стомлення *m.m. gastrocnemius-soleus* людини на Н-рефлекс, що викликається черезшкірною стимуляцією *p. tibialis* та відводиться від *m. soleus*. Брала участь нетреновані здорові люди – кваліфіковані спортсмени. Стомлення викликали тривалим (6–9 хв) довільним тонічним статичним підшовним згинанням стопи з зусиллям, що становить 75% максимального довільного скорочення. У нетренованих здорових людей амплітуда Н-рефлексу камбалоподібного м'яза достовірно зменшувалася безпосередньо після періоду стомлювального зусилля в середньому приблизно до 60% від висхідної. Протягом 2–3 хв вона відносно швидко відновлювалася, сягаючи близько 90% від висхідної, після чого спостерігався період повільного відновлювання. У кваліфікованих спортсменів амплітуда Н-рефлексу безпосередньо після закінчення періоду стомлювального зусилля достовірно знижувалася в середньому приблизно до 80% від висхідної, і вже через 90 с сягала висхідної величини. Пригнічення Н-рефлексу під впливом стомлення може бути зумовлене підвищенням інтенсивності пресинаптичного гальмування передачі від аферентів Ia, пов'язаного зі стійкою активацією високопорогових аферентних волокон (груп III та IV) під впливом накопичення метаболітів у м'язі (молочна кислота, неорганічні фосфати), а також збільшення внутрішньом'язового тиску під час стомлення. За даними літератури, при виконанні стандартного фізичного навантаження більш низька концентрація молочної кислоти в крові (менший зсув гомеостазу) свідчить про більш високий рівень тренуваності спортсмена. Ймовірно, менш виразне пригнічення Н-рефлексу після кондиціонуючого стомлення та більш швидке відновлення його до висхідних значень у кваліфікованих студентів пов'язане з меншим накопиченням та швидшою нейтралізацією метаболітів у тренуваних людей.

## **ЗМІНИ ПОРОГА ГЕНЕРАЦІЇ ПОТЕНЦІАЛІВ ДІЇ В ІМПУЛЬСАЦІЇ МОТОНЕЙРОНІВ В СИСТЕМІ РЕФЛЕКСУ НА РОЗТЯГНЕННЯ М'ЯЗА**

**О.І. Костюков, Н.В. Булгакова**

Інститут фізіології ім. О.О.Богомольця НАН України, Київ

Поріг генерації потенціалів дії (ПД) центральних нейронів – один із фундаментальних показників їх функціонування. Що стосується мотонейронів спинного мозку, то зміни порога активації можуть суттєво впливати на частотні властивості їх імпульсації і, таким чином, зумовлювати безпосереднє формування центральних команд до м'язів. Разом з тим нині існують доволі суперечні дані щодо можливих змін порога при підвищенні частоти імпульсації мотонейронів, причому всі результати, що стосуються цього питання, були одержані в умовах штучного подразнення клітин при пропусканні деполяризувального току через реєструвальний мікроелектрод. Нами була розроблена методика довготривалої якісної реєстрації мембранного потенціалу мотонейронів в умовах їх природної активації в системі рефлексу на розтягнення м'яза. Ці досліді були проведені на децереброваних котах, активація мотонейронів задньої кінцівки здійснювалась контрольованими розтягненнями м'язу, що вони іннервують. Методична складність подібних досліджень пов'язана з тим, що успішна довготривала реєстрація мембранного потенціалу мотонейронів можлива тільки в умовах мінімізації механічних коливань спинного мозку. За допомогою спеціально створених програм здійснена високоточна реєстрація порога генерації ПД в мотонейронах. Досліджена кореляційна залежність порога ПД від частоти, встановлено що в 67% випадків вона негативна, тобто поріг підвищується з ростом активності, а в решті клітин позитивна. Таким чином, продемонстровано, що в умовах природної активації мотонейронів не існує однозначності в змінах порога ПД. В останні роки широкого застосування набули методи неінвазивної реєстрації активності рухових одиниць у людей, при аналізі їх імпульсної активності використовується аналітична реконструкція процесу сумації збуджувальних постсинаптичних впливів на мембрані мотонейронів, та оцінки форми траєкторії слідової гіперполяризації, що відіграє важливу роль в формуванні розряду мотонейронів. Існуючі модельні підходи, що лежать в основі такого аналізу, базуються на припущенні існування незмінного порога генерації ПД. Наші результати про відсутність однозначної залежності порога ПД від частоти можуть суттєво підвищити якість аналітичних підходів в дослідженнях імпульсації рухових одиниць.

## **РОЛЬ МОНОАМІНЕРГІЧНИХ І ХОЛІНЕРГІЧНИХ МЕХАНІЗМІВ У РОЗВИТКУ БОЛЬОВИХ СИНДРОМІВ ОПОРНО-РУХОВОЇ СИСТЕМИ**

**І.В. Котульський, Г.М. Дем'яненко, Н.О. Москаленко, С.В. Іванникова, Ф.С. Леонтєва, С.М. Яковенко**

Державна установа “Інститут патології хребта і суглобів ім. М.І.Ситенка АМН України”, Харків

В сучасній медичній практиці розрізняють декілька десятків окремих больових синдромів опорно-рухової системи (БСОРС), які, як правило, мають різне походження. Однак їх клінічна картина не завжди суттєво відрізняється за своїм перебігом, що нерідко затруднює діагностику та лікування цих патологічних процесів. Відомо, що в розвитку БСОРС важливу роль відіграють адренергічні, серотонінергічні та холінергічні механізми, взаємодія яких розширює спектр клінічних варіантів перебігу БСОРС. Для дослідження особливостей моноамінергічних і холінергічних реакцій при больових синдромах було обстежено 164 пацієнти з БСОРС. Контрольну групу склали 20 осіб, що проходили планове обстеження в процесі клінічної реабілітації. В результаті обстеження встановлено, що у хворих з клінічними ознаками міофасціального болю (плече-лопатковий периартроз, попереково-кульшовий синдром) відмічалось суттєве підвищення вмісту серотоніну в крові. Причому у деяких хворих воно могло перевищувати в 5–10 разів показники контролю. Зниження вмісту серотоніну не відмічали жодного разу. Показни-

ки катехоламінергічної активності за результатами дослідження адреналіну та норадреналіну в добовій сечі свідчать про неоднозначні тенденції у відхиленнях їх від норми у хворих з БСОРС: при однакових больових синдромах вони могли бути підвищеними, зниженими або знаходилися в межах норми. В жодного з обстежених не було встановлено відхилень від норми показників загальної холінестеразної активності крові. Отже, дослідження у хворих з БСОРС фізіологічно активних речовин (ФАР), які є важливими факторами реалізації стрес-реакції, показало, що найбільш чітка кореляція між клінічними проявами больового синдрому і рівнем секреції ФАР спостерігається щодо серотоніну. Показники холінестеразної активності крові свідчать про несуттєву роль цього ферменту в розвитку БСОРС. Водночас дослідження екскреції катехоламінів можуть вказувати на більш складну роль адренергічних факторів у розвитку больових синдромів в опорно-руховій системі.

### **ВПЛИВ ОРТОСТАТИЧНОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА ФУНКЦІОНАЛЬНУ АСИМЕТРІЮ ГОМОЛОГІЧНИХ СКЕЛЕТНИХ М'ЯЗІВ**

**І.В. Котульський, Д.Р. Дуплій, Н.П. Ісаєва, В.А. Колісниченко, К.М. Литвиненко**

Державна установа “Інститут патології хребта та суглобів ім. М.І. Ситенка АМН України“, Харків

Розвиток хронічної патології хребта у людей нерідко пов'язують з порушенням функції скелетних м'язів, які реалізують антигравітаційні зусилля при стоянні та прямоходінні. При цьому важливим чинником виступає існуюча у частини популяції функціональна асиметрія активності гомологічних м'язів кінцівок і тулуба, яка може зростати під впливом тривалих ортостатичних навантажень. Для оцінки кількісних змін функціональної активності симетричних скелетних м'язів нижніх кінцівок і тулуба під впливом щоденних статичних навантажень була досліджена біоелектрична активність (БЕА) м'язів у 23 молодих, практично здорових чоловіків віком від 19 до 30 років, праця яких пов'язана з тривалим перебуванням упродовж дня в положенні ортостазу (продавці, перукарі, хірурги, викладачі тощо). Перед початком і в кінці трудового дня в усіх обстежених реєстрували БЕА м'язів нижніх кінцівок, спини та живота. Дослідження проводили за допомогою електроміографа “DISA ELECTRONIC” поверхневими електродами при максимальному скороченні досліджуваного м'яза. Інформаційну обробку аналогових сигналів здійснювали в ПЕОМ типу “Celeron”. Статистичний аналіз одержаних результатів у парних вибірках здійснювали за допомогою непараметричних критеріїв. Встановлено, що перед початком робочого дня правобічна асиметрія середньої амплітуди БЕА переважала у більшості досліджених пар м'язів ( $D > S$ ,  $P < 0,05$ ), за винятком *mm. erector spinae* і *mm. tibialis anterior* ( $D = S$ ,  $P = 0,01$ ). Частота біопотенціалів (БП) характеризувалась менш вираженими відмінностями і була однаковою в 5 парах м'язів. При повторному обстеженні середня амплітуда БП в 6 парах м'язів зберігала попереднє співвідношення. Інверсія її величини була нечітко виражена ( $P > 0,05$ ) на *mm. adductor magnus* і виявилася достовірною на *mm. gluteus medius* ( $P = 0,05$ ). Показники частоти БП на симетричних м'язах при повторному обстеженні несуттєво відрізнялися від попередніх даних. Одержані результати дозволяють констатувати, що у молодих чоловіків у нормі переважає правобічна асиметрія функціональної активності м'язів нижніх кінцівок без чіткої відмінності між згиначами і розгиначами. Ортостатичне навантаження впродовж дня не викликає помітних змін такого співвідношення активності в більшості досліджених м'язів. Виявлена при цьому інверсія функціональної активності на сідничних і привідних м'язах вимагає додаткового аналізу і може стати ключовим фактором у розкритті механізму переважання лівобічної локалізації процесу при больових синдромах в кульшових суглобах.

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВАРІАТИВНОСТІ ПОСЛІДОВНИХ МІЖІМПУЛЬСНИХ ІНТЕРВАЛІВ В ІМПУЛЬСАЦІЇ МОТОНЕЙРОНІВ У СИСТЕМІ СТРЕЧ-РЕФЛЕКСУ

**С.В. Литвиненко**

Інститут фізіології ім. О.О. Богомольця НАН України, Київ

Метод довготривалої внутрішньоклітинної реєстрації мембранного потенціалу (МП) використовували для дослідження активності мотонейронів триголового м'яза литки децереброваних котів при контрольованих змінах його довжини, які викликали стійкі, повторювані хвилі деполяризації мембрани. Такі хвилі деполяризації являли собою сумачію поодиноких збуджувальних постсинаптичних потенціалів, на тлі яких мотонейрони генерували послідовності потенціалів дії (ПД). У нашій роботі були опрацьовані записи імпульсної активності дванадцяти мотонейронів. Для цього використовували нормовані зміни частоти  $\Delta F_n(i)$ , яку вираховували за формулою:  $\Delta F_n(i) = (F_{i+1} - F_i) / (F_{i+1} + F_i) / 2$ . Викликана імпульсна активність мотонейронів продемонструвала залежність послідовних значень миттєвої частоти. В усіх дванадцяти нейронах зареєстрований статистично значимий зворотний зв'язок між послідовними нормованими змінами частоти генерації ПД:  $\Delta F_n(i) \{ \Delta F_n(i+1) \}$ . Кореляційна залежність у всіх випадках є негативною, що вказує на високу ймовірність чергування локальних ефектів підвищення та зменшення значень цих показників при генерації послідовних ПД. Встановлено, що найбільша варіативність спостерігається на етапі розтягнення м'яза, суттєво знижується за умов припинення розтягнення та на етапі скорочення м'яза зникає. Чергування високої та низької частот пов'язане насамперед з сумачіями слідової гіперполяризації мотонейронів, яка й спричиняє послідовні зміни високої частоти імпульсації на низьку. Отримані результати дають можливість більш детально вивчити явище сумачії слідової гіперполяризації мотонейронів в умовах тривалої активації в системі стреч-рефлексу.

## ВПЛИВ МОДУЛЯЦІЇ НОРАДРЕНЕРГІЧНОЇ ПЕРЕДАЧІ СПЕЦИФІЧНИМИ МОДУЛЯТОРАМИ НА АКТИВНІСТЬ НЕЙРОНІВ МОТОРНОЇ КОРИ ПІД ЧАС ВИКОНАННЯ РЕФЛЕКСУ НА КОМПЛЕКС ПОДРАЗНИКІВ

**С.М.Мамонтов, Б.І.Бусель**

Інститут фізіології ім.О.О.Богомольця НАН України, Київ

На ненаркотизованих котах в умовах харчової мотивації досліджували вплив селективних норадренергічних модуляторів на активність нейронів моторної кори головного мозку під час здійснення оперантного рухового рефлексу у відповідь на комплекс подразників. Намагалися з'ясувати роль різних рецепторів у модулюванні активності нейронів кори головного мозку. Для вирішення задачі використовували селективний блокатор та агоніст адренорецепторів. Вплив речовин здійснювали за методом мікроіонофорезу до ділянки проекції передньої кінцівки у корі на рівні великих пірамідних нейронів. Було з'ясовано, що аплікація  $\alpha 1$ -агоніста мезатону викликає пригнічення нейронної активності у фоні, у період між стимулами, а також під час здійснення руху. Вплив  $\alpha 2$ -блокатора – йохімбіну, викликала протилежний ефект – активність нейрона підвищувалась порівняно з фоном, а також у інші досліджувані часові інтервали. Характер впливу мезатону являє собою незначне зменшення активності нейрона у фоні, у період між попереджувальним та імперативним стимулами, а також під час здійснення оперантного руху. Вплив йохімбіну являє собою достовірне посилення активності нейрона у фоні, між стимулами, та під час руху. Причому в такому випадку нівелюється різниця активності між фоном і міжстимульним інтервалом. Таким чином, блокування  $\alpha 2$ -адренорецепторів призводить до усунення модулювального впливу норадреналіну на активність пірамідних нейронів. Припускається, що вплив норадренергічної модуляції має як прямий ефект на пірамідні нейрони, так і може здійснюватися через гальмівні інтернейрони кори.



## **БІОЕЛЕКТРИЧНА АКТИВНІСТЬ КОРИ ГОЛОВНОГО МОЗКУ $\beta$ -ДІАПАЗОНІ ЕЛЕКТРОЕНЦЕФАЛОГРАМИ (ЕЕГ) ПІД ЧАС РУХОВОЇ ДІЯЛЬНОСТІ КИСТІ В ЮНАЦЬКОМУ ВІЦІ**

**А.Г. Моренко, Т.В. Владичко**

Волинський національний університет ім. Лесі Українки, Луцьк  
i-man@ukr.net

Методом когерентного аналізу вивчали особливості функціональних об'єднань структур кори великих півкуль головного мозку в  $\beta$ -діапазоні ЕЕГ у 60 праворуких осіб чоловічої та жіночої статі юнацького віку (16–21 років). Електричну активність кори головного мозку реєстрували за допомогою апаратно-програмного комплексу „НейроКом” у стані функціонального спокою із закритими очима, під час налаштування до позно-тонічного напруження та циклічних фазних рухів кисті ведучої правої руки (ідеомоторна активність) та здійснення цих рухових завдань. При позно-тонічному напруженні обстежувани одноразово згинали кисть у променево-зап'ястковому суглобі з важелем у 1 кг під кутом  $45^\circ$  до зафіксованого передпліччя та утримували її у такому положенні до завершення завдання. Як циклічний фазний рух використовували багаторазове згинання та розгинання кисті у фронтальному напрямку в променево-зап'ястковому суглобі. Для уніфікації цих рухів та адекватного порівняння мозкових механізмів забезпечення їх кіркового програмування ми задавали для всіх обстежуваних однакові ергометричні показники: поворот кисті здійснювався у променево-зап'ястковому суглобі під кутом  $45^\circ$  до зафіксованого передпліччя; стале силове зусилля ми забезпечували прикладанням вантажу в 1 кг; темп руху задавався спалахами фотостимулятора (2 Гц). Встановлено характерні особливості просторового розподілу когерентних взаємодій у корі головного мозку в умовах ідеомоторної активності та реалізації позно-тонічного напруження і фазних циклічних рухів кисті у обстежуваних осіб. При виконанні рухових завдань у корі головного мозку сформувалися функціональні об'єднання, що включали симетричні задньолобні та центральні частки та тім'яно-потиличні ділянки. У осіб чоловічої статі встановлено істотне зростання показників когерентності в  $\beta$ -діапазоні ЕЕГ в умовах реалізації рухових завдань, особливо при безпосередньому виконання рухів. Виявлене деяке збільшення активності лобних структур кори головного мозку в умовах налаштування до виконання поставлених рухових завдань у осіб жіночої статі. У чоловіків виконання циклічних фазних рухів кисті супроводжувалося вищими показниками когерентних зв'язків у  $\beta$ -діапазоні ЕЕГ, порівняно зі станом позно-тонічного напруження кисті. Виконання позно-тонічного напруження і фазних циклічних рухів особами жіночої статі супроводжувалося деяким зменшенням величини когерентної взаємодії у півкулях кори головного мозку у порівнянні зі станами налаштування до цих рухових завдань. Загалом встановлено більші значення когерентності по всьому скальпу у осіб чоловічої статі, порівняно з жінками під час виконання рухових завдань різного характеру. У всіх осіб встановлено білатеральність функціонування структур кори головного мозку при виконанні рухових завдань.

## **ЦІЛЕСПРЯМОВАНІ РУХИ ПЕРЕДПЛІЧЧЯ ЛЮДИНИ, ЩО ВИКОНУЮТЬСЯ ПРОТИ СИЛИ ТЯЖІННЯ: ПОЗИЦІЮВАННЯ ЗА ВІДСУТНОСТІ ВІЗУАЛЬНОГО КОНТРОЛЮ**

**О.П. Мельничук, Д. А. Василенко**

Інститут фізіології ім. О.О. Богомольця НАН України, Київ  
alexm@biph.kiev.ua, dvas@itm.com.ua

Наші попередні дослідження й аналогічні роботи інших авторів довели, що виключення або обмеження візуального контролю у перебігу простих рухів призводить до виникнення істотних систематичних похибок цільового позиціонування ланок кінцівок. Подібні дослідження, проте, були виконані з наявністю

певних експериментальних обмежень (зокрема, таких, що призводили до спрощення складу м'язів, залучених у забезпечення руху). Враховуючи це, ми продовжили ці дослідження і перейшли до аналізу натуральних згинально-розгинальних рухів передпліччя, котрі виконуються проти сили тяжіння (з різними навантаженнями). Було розроблено систему відеореєстрації таких рухів і відповідне програмне забезпечення. Як маркери застосовували світлодіоди, фіксовані на точках, котрі відповідають осям обертання плечового та ліктьового суглобів, та на референтній точці зап'ястка. Тест-рухи виконувалися спочатку при наявності візуального контролю значень кута в ліктьовому суглобі (із використанням світлооптичної системи), а потім за відсутності такого контролю; безпосереднє спостереження положення ланок кінцівки виключалося за допомогою непрозорого екрану. Цілеспрямовані рухи реалізувалися за пред'явленням дозвільних (але не імперативних!) звукових сигналів із зручною для тестованого швидкістю, котра забезпечувала мінімальні динамічні похибки при цільовому позиціонуванні. Паралельно реєстрували ЕМГ-активність флексорів та екстензорів передпліччя. Позиціонування передпліччя, реалізовані у перебігу описаних вище небалістичних рухів під виключно кінестетичним контролем, супроводжувалися істотними систематичними похибками. Ці похибки були, як правило, позитивними (їх напрямок збігався із напрямком руху) і у більшості тестованих складали декілька градусів при цільових кутах плечо-передпліччя в діапазоні 60–120 град. Отже, результати описаних тестів збігаються із раніше отриманими даними. Зроблено висновок, що похибки цільового позиціонування, реалізованого під кінестетичним контролем за відсутності візуального, є загальною закономірністю; їх головною причиною є нелінійні властивості рецепторного апарату, котрий відповідальний за формування кінестетичної оцінки значення суглобового кута (насамперед, рецепторів розтягнення „пасивних” м'язів/груп м'язів).

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОСТОРОВО-ЧАСОВИХ ПОКАЗНИКІВ ХОДИ У ЧОЛОВІКІВ ЗА ДОПОМОГОЮ СИСТЕМИ GAITRITE®**

**В.М. Мороз, М.В. Йолтухівський, Т.О. Величко**

Вінницький національний медичний університет ім. М.І. Пирогова

Рухи є складною автоматизованою функцією і залежать від усіх рівнів нервової системи. Розлади ходи є досить поширеними й виникають при багатьох захворюваннях, у першу чергу, неврологічних. Між тим, спектр порушень ходи, їх типологія та варіативність мало відомі широкому загалу практичних лікарів. Метою роботи було визначення основних просторових та часових показників звичайної ходи в довільно обраному темпі в чоловіків юнацького та першого зрілого віку. Дослідження проводилося за допомогою автоматизованої системи GAITRite®. Встановлено, що довжина кроку для лівої ноги становила  $70,58 \pm 6,9$ , для правої –  $70,57 \text{ см} \pm 7,22 \text{ см}$ . Довжина подвійного кроку для лівої ноги –  $141,22 \pm 14,07$ , для правої –  $141,39 \text{ см} \pm 13,84 \text{ см}$ . Час кроку для лівої та правої ноги був  $0,55 \text{ с} \pm 0,04 \text{ с}$ . Час крокового циклу також майже не відрізнявся і в середньому для обох ніг становив  $1,1 \text{ с} \pm 0,08 \text{ с}$ . Час переносу правої ноги був  $0,44 \pm 0,03$ , лівої ноги –  $0,45 \text{ с} \pm 0,03 \text{ с}$ . Час опори на одну ногу також практично не відрізнявся для правої та лівої ноги й становив  $0,66 \pm 0,06$  і  $0,65 \text{ с} \pm 0,06 \text{ с}$  відповідно. Час подвійної опори, тобто опори одночасно на дві ноги в кроковому циклі кожної ноги був  $0,21 \text{ с} \pm 0,04 \text{ с}$  для крокового циклу як правої, так і лівої ноги. Про «нормальність» ходи в групі обстежуваних може свідчити інтегральний показник «нормальності» (FAP), який становив  $97,08\% \pm 3,95\%$ . У загальній структурі організації циклу ходи встановлено такі співвідношення. Час переносу ноги від загального часу крокового циклу був для лівої ноги  $40,65 \pm 1,45$ , для правої –  $40,3\% \pm 1,49\%$ . Час стояння відносно часу крокового циклу був  $59,36 \pm 1,45$  для лівої і  $59,71\% \pm 1,48\%$  для правої ноги. Час опори на одну ногу для лівої ноги був  $40,31 \pm 1,56$ , для правої –  $40,64\% \pm 1,52\%$  від загального часу крокового циклу, а час опори на обидві ноги становив в кроковому циклі лівої ноги  $19,01 \pm 2,61$ , правої ноги –  $18,93\% \pm 2,56\%$ . У проведеному дослідженні за допомогою системи GAITRite® встановлено середні значення та

стандартні відхилення основних просторових і часових показників ходи у практично здорових чоловіків юнацького віку. Просторово-часові показники ходи здорової людини мають певні індивідуальні відмінності, що треба враховувати при оцінці ходи в клінічній практиці. Отримані результати підвищують можливість лікарів і науковців аналізувати дані, що отримані в клініці, з великою вибіркою нормативних показників.

## **ЕФЕКТИ МІКРОСТИМУЛЯЦІЇ ДІЛЯНОК ГІПОКАМПА (СА3) У НАВЧЕНИХ ТА ІНТАКТНИХ ЛАБОРАТОРНИХ ЩУРІВ**

**В.М. Мороз, І.Л. Рокунець**

Вінницький національний медичний університет ім. М.І. Пирогова

Дослідження проводилося на 7 лабораторних щурах, з яких 3 були контрольні. Як модель було використано формування оперантних їжодобувних рухів у щурів (діставання харчової кульки з годівниці). Попередньо тварини були відсажені на “голод”, після чого протягом 14 днів проводилось навчання (критерій навченості – чітка латералізація кінцівки, якою тварина дістає харчову кульку, та мінімальна кількість помилок). Після навчання кожну тварину було введено в наркоз (використовувалась комбінація: інгаляційно – ефір, внутрішньочеревинно – кетамін) та за допомогою спеціально виготовлених мікроелектродів у стереотаксичній установці проведено мікростимуляцію ділянок гіпокампа (ділянка СА3) (електростимулятор ЭС-50-1, струм мікростимуляції пропускали через стандартний атенуатор, паралельно проводився осцилографічний контроль форми сигналу, струми стимуляції знаходились в діапазоні від 10 мкА до 400 мкА). Як контроль мікростимуляції було використано реєстрацію міограми з м’язів передніх кінцівок. У навчених щурів за результатами електроміографії встановлено активацію м’язів іпсилатеральної кінцівки до сторони мікростимуляції гіпокампа (ділянка СА3), причому лапки, якою тварина за звичайних умов діставала харчові кульки з годівниці. Подібних явищ не спостерігалось у контрольній групі (не навчені тварини). Діапазон струмів ефективної мікростимуляції становив від 180 до 300 мкА. Отже, встановлені факти вказують на причетність гіпокампа (ділянка СА3) до організації запуску реалізації моторної програми. Отримані результати узгоджуються з літературними даними щодо морфологічних зв’язків гіпокампальних ділянок з моторними центрами.

## **САНОГЕНИЧЕСКИ РЕГЛАМЕНТИРОВАННАЯ ДВИГАТЕЛЬНАЯ АКТИВНОСТЬ – ОДИН ИЗ ОСНОВНЫХ ФАКТОРОВ ЦЕЛЕНАПРАВЛЕННОГО ПОДДЕРЖАНИЯ И УКРЕПЛЕНИЯ ЗДОРОВЬЯ ЧЕЛОВЕКА**

**П.П. Павалюк, А.И. Мантоптин, И.Г. Мереуца, Г.И. Вармарь, В.Н. Строкова**

Институт физиологии и санокреатологии Академии наук Молдовы, Кишинев

Двигательная активность, как естественно-биологическая потребность живого организма, является одним из основных социально-биологических факторов формирования организма человека, поддержания равновесия между организмом и внешней средой, преодоления ее сопротивления, обеспечение процесса труда, ориентации в пространстве и обуславливания усовершенствования механизмов регуляции процессов метаболической адаптации. Регламентированная в соответствии с саногенными показателями, она является также важнейшим фактором коррекции физиологически обоснованного образа жизни человека. Саногенически дозированная локомоторная функция в большой мере обуславливает процессы целенаправленного формирования, поддержания и укрепления здоровья человека на всех этапах онтогенеза. Через двигательную активность можно повлиять на функции других физиологических систем, поддерживая таким образом их морфофункциональный статус в саногенных пределах. Режим

движення – необхідне умово підвищення ефективності в підтриманні і укріпленні здоров'я і залежить від правильного вибору показателів (частоти, інтенсивності і тривалості) з урахуванням віку, статі, функціонального стану організму, характеру і типу трудової діяльності. По необхідності використовуються методи корекції, що представляє собою санокреатологічні фізичні локомоторні навантаження. Движення в саногенних межах може попереджувати різні функціональні порушення, що виникають в результаті появи гіподинамії, механізованої і автоматизованої роботи, а також інших факторів, що обмежують локомоцію. Таким чином, піднята проблема відкриває широку можливість використання саногенно дозованого двигателювальної активності в цілеспрямованому формуванні, підтриманні і укріпленні здоров'я в відповідності з розробленими методами і схемами, що дозволяють успішно вирішувати дані питання.

## ЛАМІНАРНИЙ РОЗПОДІЛ ФОС-ІМУНОРЕАКТИВНИХ СПІНАЛЬНИХ НЕЙРОНІВ ПІСЛЯ ОДНОСТОРОННЬОЇ ВІБРАЦІЇ СУХОЖИЛКА ТРИГОЛОВОГО М'ЯЗА ЛИТКИ У ЩУРІВ

О.І. Пілявський, А.В. Мазниченко, В.О. Майський

Інститут фізіології ім. О.О. Богомольця НАН України, Київ  
pil@biph.kiev.ua

Метод імуногістохімічних досліджень експресії Фос-протеїну (продукту активації протоонкогена *c-fos*) інтенсивно використовується для ідентифікації нейронів у складі тих рефлекторних ланцюгів, які причетні до реалізації специфічних функцій. Метою цього дослідження було виявити особливості ламінарного розподілу спінальних Фос-імунореактивних (Фос-ір) нейронів, після односторонньої активації м'язових веретен триголового м'яза литки за допомогою вібрації його сухожилка з амплітудою близько 0,5 мм і частотою 100 с<sup>-1</sup>. Такий спосіб подразнення сухожилка викликав селективне збудження тільки низькопорогових первинних та вторинних (група Ia та II) пропріоцептивних аферентів. У щурів контрольної групи (n=4), у яких реєструвалися лише поодинокі мічені нейрони у дорсальному розі спинного мозку поперекових сегментів 30-ти хвилинна (1 хв вібрації та 1 хв відпочинку) стимуляція сухожилка м'яза литки наркотизованих хлоралгідратом (400 мг/кг) тварин, викликала значне білатеральне посилення Фос імунореактивності у сегментах L1 – L6 спинного мозку. У цих тварин переважна більшість Фос-ір-клітин була зареєстрована білатерально у IV V та VI шарах дорсального рога (ділянки проекції м'язових аферентів групи II). Максимальна середня кількість Фос-ір-нейронів була зареєстрована в шарі V (12,2 ± 0,8 клітин на 40-мкм зріз) на іпсилатеральному боці сегмента L4. Найбільша сумарна середня кількість Фос-ір-нейронів у цих сегментах була виявлена у шарі IV на іпсилатеральному боці (47,5 ± 0,7 на зріз) і достовірно перевищувала число активних клітин, знайдених на контралатеральному боці (38,5 ± 0,8), P<0,05. Поодинокі мічені нейрони відмічалися білатерально в I, VII, VIII, X шарах та ядрі Кларка, а мічені мотонейрони (1 – 2 клітини на зріз) у вентральному розі (VIII і IX шарах). Відмічаємо незначну *c-fos*-експресію в I та повну її відсутність у II шарі дорсального рога, нейрони яких ефективно активуються ноцицептивними м'язовими аферентами. Одержані нами результати свідчать, що застосовані показники селективної активації інтрафузальних м'язових волокон викликають помітну *c-fos*-експресію в ядрах нейронів, залучених до складу іпсилатеральних моно- і полісинаптичних та контралатеральних полісинаптичних шляхів, що беруть участь у передачі пропріоцептивної імпульсації у спинному мозку.

## УСКЛАДНЕННЯ ХАРАКТЕРУ РЕФЛЕКТОРНОЇ ВІДПОВІДІ ПРИ ЗБІЛЬШЕННІ ТЕРМІНУ МІКРОЕЛЕКТРОСТИМУЛЯЦІЇ МОТОРНОЇ ДІЛЯНКИ КОРИ ГОЛОВНОГО МОЗКУ

Дж. Різзолаті<sup>2</sup>, Л. Фогассі<sup>2</sup>, П.-Ф. Феррарі<sup>2</sup>, Ф. Страта<sup>2</sup>, Р.С. Вастьянов<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Одеський державний медичний університет;

<sup>2</sup>Університет м. Парма, Італія

vastyanov@mail.ru

Моторна кора (МК) визначає характер рухових функцій і вираженість моторних реакцій при різному характеру її стимуляції. Відомо про наявність прямих кортико-спінальних проекцій проте залежність

характеру рефлекторної реакції від інтенсивності стимуляції МК є нез'ясованою, що було метою досліджень. Дослідження проводили за умов гострого експерименту з дотриманням загальних вимог до проведення лабораторних та інших дослідів за участю тварин. Мікроелектростимуляцію (МЕС) МК проводили під анестезією після краніотомії контралатерально до кінцівок, за якими намагалися спостерігати. МЕС (частота 333 Гц; монофазний струм; тривалість імпульсу 50, 200 і 400 мкм, 1 та 2 с; затримка імпульсу 5 мкс) проводили ізольованим стимулятором за допомогою ніхромових електродів з імпедансом від 1 до 5 МΩ. Щільність стимуляції застосовували 500 мкм на глибині 1500 мкм від поверхні кори – за координатами стереотаксичного атласу така відстань відповідала V шару кори півкуль. При МЕС МК тривалістю імпульсів в 50 та 200 мкм у всіх інтактних щурів реєструвалися прості рухи в проксимальних суглобах контралатеральних передніх і задніх кінцівок: приведення плечевого, флексія ліктьового та флексія колінного суглобів. Окрім цього, в щурів відзначалися рухи вібрисів, а також м'язів щік та рота. Визначені в щурів рухи мали фазний характер, реєструвалися протягом  $120 \text{ мс} \pm 10 \text{ мс}$ . При збільшенні тривалості імпульсу при МЕС МК було відзначено суттєве подовження терміну рефлекторної відповіді та залучення більшої кількості м'язів у відповідь. При МЕС МК з тривалістю імпульсів 1 та 2 с значно змінився характер рефлекторної реакції. Рухи щурів реєструвалися білатерально, були задіяні також дистальні суглоби обох кінцівок – екстензія променезап'ясткового суглоба та флексії пальців, а також екстензія у гомілковому суглобі. Термін рефлексів при цьому зріс в середньому в 4 рази ( $P < 0,01$ ) порівняно з відповідним показником при менш тривалій МЕС. Таким чином, наші результати свідчать, що за умов більш тривалої МЕС до рефлекторної відповіді залучається більша кількість мотонейронів, рефлекторна дуга набуває характеру полісинаптичної, відбувається генералізація та подовження терміну рухової відповіді. Скоріше за все, аналогічне залучення нейронів до рефлекторної дуги, а також генералізація рухової відповіді відбувається при експериментальному моделюванні судомної активності.

## **ПІДВИЩЕННЯ ЧАСТОТИ $\theta$ -РИТМУ У ВІДПОВІДЬ НА ПОЗИТИВНИЙ КОНДИЦІОНУЮЧИЙ СТИМУЛ В УМОВАХ ДИФЕРЕНЦІЮВАННЯ СТИМУЛІВ**

**А. М. Тальнов, Г. В. Довгалець**

Інститут фізіології ім. О. О. Богомольця НАН України, Київ  
talnov@biph.kiev.ua

Основною особливістю гіпокампальної ЕЕГ є наявність у її складі коливань з частотою 6 – 9 Гц, відомих як  $\theta$ -ритм. Велика кількість досліджень продемонструвала, що показники  $\theta$ -ритму змінювалися в залежності від характеристик таких довільних рухів, як пересування, орієнтовно-дослідницька поведінка, стрибки тощо. Разом з тим існує досить багато досліджень, в яких показано, що  $\theta$ -ритм не пов'язаний виключно з моторною функцією, а має функціональне відношення і до обробки сенсорної інформації та її сигнального значення. На ранніх стадіях дослідження цих функцій  $\theta$ -ритму їх протиставляли одна одній, але нині, скоріш за все, признається їх сумісне існування. Проте існують поодинокі роботи, в яких паралельно досліджувалися зміни  $\theta$ -ритму відносно сенсорної та моторної функцій при навчанні та реалізації цільного поведінкового акту. Для оцінки змін частоти  $\theta$ -ритму в часі використовувалось безперервне хвильове (wavelet) перетворення Морлета, яке давало оцінку максимальної потужності в частотному діапазоні 5–12 Гц в поодиноких пробах. Порівнювались зміни  $\theta$ -ритму в часі в 100 перших реалізаціях після початку навчання та в 100 фінальних реалізаціях. У 7 щурів, які вільно пересувалися, в умовах водної депривації дослідили зміни гіпокампального  $\theta$ -ритму в процесі навчання адаптаційній поведінці (одержання питного підкріплення у відповідь на позитивний кондиціонуючий стимул). Було показано, що правильна поведінкова відповідь (відвідування поїлки) в умовах диференціювання двох звукових стимулів виникала тільки після підвищення частоти  $\theta$ -ритму у відповідь на пози-

тивний кондиціонуючий стимул. Суттєво, що підвищення частоти  $\theta$ -ритму у відповідь на позитивний кондиціонуючий стимул було пов'язане не тільки з придбанням стимулом позитивного сигнального значення, а, перед усім, з диференціюванням поведінки, яка вела до підкріплення, від інших видів поведінки в даному експериментальному контексті. Без розвинутих процесів внутрішнього гальмування підвищення частоти  $\theta$ -ритму у відповідь на позитивний кондиціонуючий стимул не спостерігалось. Можна припустити, що підвищення частоти  $\theta$ -ритму разом з процесами внутрішнього гальмування допомагали тваринам реалізувати корисну адаптаційну поведінку. В цьому контексті підвищення частоти  $\theta$ -ритму, яке ми спостерігали, проявляло себе в ролі антагоніста до процесів внутрішнього гальмування.