

© Власенко О.В.

УДК: 616.438:613.56:616-092:616-071-08

Власенко О.В.

Вінницький національний медичний університет імені М.І. Пирогова МОЗ України (вул. Пирогова 56, м. Вінниця, Україна, 21018)

ІМПУЛЬСНА АКТИВНІСТЬ НЕЙРОНІВ МОТОРНОЇ КОРИ У ТРЕНОВАНИХ ЩУРІВ ПІД ЧАС ПАСИВНИХ РУХІВ ПЕРЕДНЬОЇ КІНЦІВКИ

Резюме. Процес вироблення нового рухового їждобувного навика відбувається протягом 8 - 14 днів. Аналіз динаміки успішності захоплення харчової кульки дозволив виділити три стадії формування навика: початкову, перехідну, досконалого виконання. В стані кетамінового наркозу у щурів п'яти експериментальних груп різних стадій тренуваності вивчено здатність нейронів моторної кори реагувати на адекватні сенсорні стимули. Встановлено, що кількість реагуючих нейронів корелює ($r = 0,89$) з показником успішності реалізації навика. У групах тварин, починаючи з п'ятої доби навчання, зареєстровано вірогідно ($p < 0,01$) більший відсоток реагуючих на пропріоцептивні стимули нейронів у порівнянні з контрольною групою. Суттєвий підйом кривої успішності моторного навика відбувається пізніше, на восьму добу. Цей факт може бути підставою для встановлення причино-наслідкових зв'язків: спочатку відбуваються процеси збільшення сенсорного притоку у моторну кору, а потім відбуваються покращення зовнішніх проявів досягальних рухів.

Ключові слова: руховий навик, моторна кора, імпульсна активність нейронів, пасивні рухи, щури.

Вступ

Наявність моторної ділянки в корі великих півкуль встановлена дослідженнями Фрітца і Гітціга (1870) у собак, а також Пенфілдом (1950) у людей. В останній час наукові пошуки відновились на новому методичному рівні з метою встановити залежність площі моторної кори від тренуваності та після порушень мозкового кровообігу [Kleim et al., 1998; Liepert et al., 2001]. Гіпотеза про пластичність нервової системи передбачає наявність багатьох механізмів, які забезпечують такі властивості як пам'ять, навчання, постінсультна реабілітація.

Встановлено вірогідне збільшення площі представництва пальців, зап'ястка у відповідь на навчання досягальним рухам у щурів та мавп [Nudo et al., 1992; Monfils et al., 2005]. Проте невивченим є питання динаміки зміни площі моторної кори у процесі набуття нового навика.

Метою роботи стало порівняння показників успішності вироблення швидких їждобувних рухів у щурів та здатності нейронів моторної кори реагувати на сенсорні стимули під час пасивного переміщення передньої робочої кінцівки у незалежних експериментальних вибірках різних стадій тренуваності.

Матеріали та методи

Робота виконана на 59 щурах-самцях масою 250 - 320 г лінії Вістар селекції віварія Інституту фізіології імені О.О. Богомольця НАН України з дотриманням правил правил біоетики. Тварину в стані голоду поміщали у спеціальну камеру з годівницею, де за щільною розташовували корм (детальніше методику описано у нашій роботі [Мороз та ін., 2010 а]). Протягом 18 тренувальних днів формувалася швидкий їждобувний рух, а система фотореєстрації створювала базу даних про кількість захоплених харчових кульок, кількість рухів для захоплення кульки, швидкість фаз руху та інші. Із 15 щурів першої експериментальної групи 10 успішно виробили їждобувний рух і їх результати покладені в основу аналізу динаміки параметрів формування навика.

Другу експериментальну групу склали чотири підгрупи. В гострий електрофізіологічний експеримент брали щурів після першого дня тренувань, після п'ятого, восьмого, чотирнадцятого дня (по 6 тварин в кожній підгрупі). Контрольну групу склали 6 інтактних щурів.

Дослідження площі моторної кори проводили під кетаміновим наркозом (200 мг/кг, в/м) з додатковим місцевим знеболенням. В стереотаксичному апараті СЕЖ-4 голову тварини фіксували згідно координат атласа [Paxinos, Watson, 1997]. Виконували трепанацію черепа стоматологічним портативним апаратом, бором діаметром 1,5-2 мм над моторною корою (AP 1-3 мм; L 1-3 мм) із протилежного боку від робочої кінцівки.

З метою вивчення змін сенсорного притоку інформації в кору великих півкуль в процесі навчання нами була запропонована і використана оригінальна модель здійснення пасивних рухів передніми кінцівками щура в умовах гострого експерименту. Пристрій для переміщення передньої кінцівки був змонтований на базі стереотаксичного апарату. За допомогою мотора і системи блоків, дроту та кріплення здійснювали пасивне переміщення передньої кінцівки вперед - назад на 5 см зі швидкістю 0,125 м/с, що відтворює фазу екстензії кінцівки, а потім - фазу флексії кінцівки. Тривалість кожної з фаз складала 400 ± 20 мс.

Реєстрацію імпульсної активності нейронів (ІАН) здійснювали багатоканальним металічним електродом (політродом) власного виробництва.

Конструктивно електрод був виготовлений із вольфрамової проволочки, покритої тонким шаром золота загальним діаметром 12 мкм. Зовні проволочку покривали шаром електроізоляційного лаку ПЛ-65, збирали в пучок (як правило, із восьми стержнів), склеювали лаком, один (активний) кінчик заточували на алмазному крузі під кутом 45 - 60° [Мороз та ін., 2010 б; Власенко та ін., 2010]. Програмно-апаратний комплекс власного виробництва [Мороз та ін., 2006; Чечель та ін., 2010] забезпечував восьмиканальну реєстрацію біопо-

тенціальів, їх підсилення, аналогово-цифрове перетворення, запис на магнітні та оптичні носії інформації, виділення корисного сигналу, побудову перистимульних гістограм. За "0" відліку часу при побудові перистимульних гістограм брали початок пасивного руху кінцівки вперед.

Статистичну обробку матеріалу проводили методами варіаційної статистики з використанням дисперсійного аналізу (ANOVA) для оцінки приналежності виборок до однієї генеральної сукупності, критерій Ст'юдента з поправкою Бонферроні для множинних порівнянь і встановлення вірогідних відмінностей [Гланц, 1998], коефіцієнт кореляції для оцінки сили зв'язку, критерію Фішера для встановлення вірогідності відмінностей між відсотковими долями реагуючих нейронів двох виборок [Сидоренко, 2003].

Результати. Обговорення

Процес навчання їждовувальному навичку в першій експериментальній групі аналізувався за такими показниками: кількість успішно захоплених харчових кульок, відсоток успішних спроб, кількість рухів, що здійснюють щури для успішного захоплення однієї харчової кульки, загальний час перебування кінцівки в годівниці і окремі його складові: тривалість фази екстензії, фази захоплення, фази флексії. На основі часових характеристик і фіксованої відстані між ближнім і дальнім фото датчиком годівниці розраховані похідні величини у вигляді швидкості руху лапки в кінці фази екстензії та на початку фази флексії. Одним із найбільш інформативних та інтегративних показників є кількість їждобувних рухів для захоплення однієї харчової кульки. Динаміка цього показника протягом 18 днів подана на рисунку 5 [Мороз та ін., 2010 а].

Аналіз графіка залежності кількості рухів для успішного захоплення харчової кульки в залежності від доби навчання свідчить про типову динаміку процесу вироблення нового навика.

Перша стадія вироблення, початкова, характеризується низькою успішністю, великою кількістю неефективних рухів. На цьому етапі освоєння навичку щури роблять в середньому 3,5 - 4,5 спроби для успішного захоплення харчової кульки. Цей етап за нашими даними триває з першої по п'яту добу навчання (середня величина кількості рухів початкової стадії становить $3,7 \pm 0,5$).

В наступні дні відбувається поступове зменшення кількості рухів в середньому від 3,5 до 1,5 спроб. На цій стадії відбувається удосконалення навичку, впрацьовування (середня величина кількості рухів перехідної стадії становить $2,3 \pm 0,3$). В наших дослідженнях ця перехідна стадія триває з п'ятої по восьму добу навчання.

Надалі, від восьмого дня триває остання, третя стадія "плато" (досконала), яка характеризується автоматизованим виконанням здобутого навичку. В цей період кількість спроб для захоплення харчової кульки складає 1,5-1,2 рухів (середня величина кількості рухів під

час досконалої стадії становить $1,4 \pm 0,2$).

Таким чином, формування нового моторного навичку у вигляді автоматизованого балістичного їждобувного руху у щурів відбувається у три стадії: початкову (з 1 по 5 добу), перехідну (6-8 добу), досконалу (від 8 добу). Критичними днями вироблення навичку ми вважаємо перший, п'ятий, восьмий дні. Тому послідовні дослідження були виконані саме в ці дні, а стадія досконалого виконання навичку була додатково досліджена на 14 день тренувань. Для кількісного описання процесу навчання нами запропоновано розраховувати показник успішності захоплення харчової кульки за формулою:

$$\text{Успішність захоплення} = 1 / \text{кількість рухів.}$$

Отже, для наступних розрахунків було використано результати дослідів і їх перерахунок у величину успішності захоплення (табл. 1). Схематично три стадії навчання можна зобразити, використовуючи показник успішності захоплення харчової кульки (рис. 1). Суттєвим результатом тренування є кількість захоплених кульок за фіксований час.

Привертає увагу результат захоплення в перші п'ять днів - на рівні від 10 до 20 кульок (середня величина $18,5 \pm 5,3$), з позитивною динамікою, без статистично вірогідних відмінностей ($p > 0,05$).

Цей період являє собою початкову стадію формування моторного навичку, коли відмічали найбільшу кількість помилок, а кількість рухів для успішного захоплення харчової кульки мала середні значення в межах від 3,5 до 4,2 рухів.

Починаючи з шостого дня тренування починається стадія удосконалення виробленого навичку, а кількість захоплених кульок досягає ($48,9 \pm 6,3$, що в 2,6 рази перевищує цей показник у попередній, п'ятий день ($22,5 \pm 5,2$; ($p < 0,01$)). Наступні дні (стадія стійкого навика) характеризуються хвилеподібним зростанням цього

Таблиця 1. Величина успішності захоплення кульки в різні дні навчання.

Доба навчання	1 доба	5 доба	8 доба	14 доба
Середня кількість рухів	3,52	3,48	1,54	1,23
Успішність захоплення	0,28	0,29	0,65	0,81

успішність захоплення

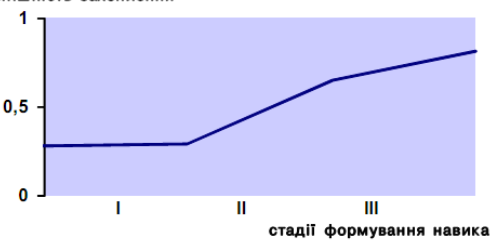


Рис. 1. Зміна успішності захоплення харчової кульки в процесі формування моторного навичка: I стадія - початкова; II стадія - перехідна; III стадія - досконалого навика.

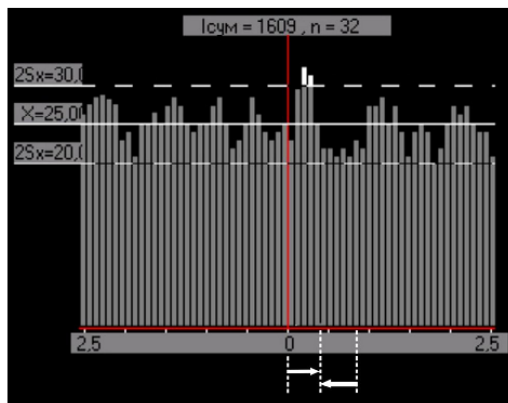


Рис. 2. Перистимульна гістограма нейрона (№ 20.3.2.5, $N = 450$ мкм) моторної кори у відповідь на пасивний рух контрлатеральної передньої кінцівки. Збудливий тонічний тип реакції у фазу екстензії. Епоха аналізу - 5 с, бін -78,1 мс. Накопичення 1609 потенціалів дії протягом 32 реалізацій. За нульову відмітку взято момент початку пасивного руху кінцівки. Стрілка вправо - тривалість фази екстензії, стрілка вліво - тривалість фази флексії. Горизонтальними лініями позначено рівні: X - середнє арифметичне частоти імпульсної активності нейронів, $2Sx$ - подвоєне середнє квадратичне відхилення частоти від середнього арифметичного частоти.

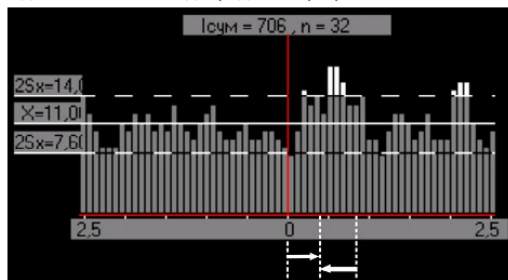


Рис. 3. Перистимульна гістограма нейрона (№ 20.3.2.1, $N = 450$ мкм) моторної кори у відповідь на пасивний рух контрлатеральної передньої кінцівки. Збудливий тонічний тип реакції у фазу флексії. Епоха аналізу - 5 с, бін -78,1 мс. Накопичення 706 потенціалів дії протягом 32 реалізацій.

показника до величин 60-70 кульок за одну тренувальну сесію (середня величина - $56,3 \pm 4,3$).

Для перевірки гіпотези про пластичність моторної кори при формуванні нових рухових навиків нами була поставлена задача встановити рівень та зміни сенсорних властивостей на різних стадіях тренування. Для цього було сформовано кілька експериментальних груп, тварин яких брали в гострий дослід відповідно після першого, п'ятого, восьмого та чотирнадцятого дня тренування.

Відповіді нейронів у тренуваних щурів характеризуються тими ж типами, як і у інтактних тварин, але із певними особливостями. По-перше, частка нейронів із різними типами реакцій змінюється в різних за ступе-

нем тренуваності експериментальних групах. Другою особливістю, встановленою під час аналізу реакцій нейронів моторної кори на пропріоцептивні стимули, є поява нового типу збудливих реакцій в групах восьмого та чотирнадцятого дня тренування. На перистимульних гістограмах виявлено тонічні збудливі реакції у "чистому" вигляді, без додаткових фазичних компонентів. На відміну від подібних реакцій у контрольній групі тварин, де тонічна реакція тривала протягом всього часу пасивного руху, у тренуваних тварин відбувається "диференціація" властивостей, і реакції тривали або під час фази екстензії кінцівки, або під час флексії.

На рисунку 2 подано гістограму нейрона, який реагував тонічним збільшенням імпульсації ізольовано на фазу екстензії кінцівки.

Була виявлена група нейронів, що реагувала тонічним збільшенням імпульсної активності ізольовано у фазу флексії кінцівки (див. гістограму на рис. 3).

Так як подібні реакції ми не спостерігали до тренування і в перші дні тренувань, а виявили лише після восьмого та чотирнадцятого дня, це може свідчити про зміни внаслідок процесу навчання моторному навичку, як прояв "спеціалізації" нейронів і здатності реагувати на окремі фази рухів.

Шляхом реєстрації імпульсної активності нейронів контрлатеральної моторної кори встановлено частку клітин, які активувались під час здійснення пасивних рухів передньою кінцівкою у наркотизованих щурів. Встановлено стійку тенденцію до більшої кількості реагуючих нейронів у тварин із більшим терміном тренування. Так, для контрольної групи тварин цей показник склав 14,2% від загальної кількості зареєстрованих нейронів, після першого дня тренування - 15,5%, після п'ятого дня - 26,4%, після восьмого дня - 34,6%, після 14 дня - 37,5% нейронів.

Результати досліджень подано у порівняльній таблиці 2. Вірогідність відмінностей між відсотковими долями реагуючих нейронів двох виборок визначено за допомогою критерію Фішера [Сидоренко, 2003]. Покроковим аналізом між показниками наступних експериментальних груп встановлено, що між контрольною та групою першого дня тренування немає суттєвих відмінностей (критерій Фішера $\phi = 0,286$, що менше за критичне значення $\phi_1 = 1,64$, $p > 0,05$). Порівняння показника реагуючих нейронів між групою першого та п'ятого дня тренування свідчить про наявність відмінностей на 95% рівні вірогідності (критерій Фішера $\phi = 2,08$, що більше за ϕ_1 , але менше за ϕ_2 , він потрапляє в зону невизначеності, $p < 0,05$).

Порівняння показника реагуючих нейронів між групою п'ятого та восьмого дня тренування свідчить про відсутність відмінностей (критерій Фішера $\phi = 1,33$, що менше за критичне значення $\phi_1 = 1,64$, $p > 0,05$). Порівняння показника реагуючих нейронів між групою восьмого та чотирнадцятого дня тренування свідчить про відсутність відмінностей (критерій Фішера $\phi = 0,43$, що

Таблиця 2. Результати порівняння за критерієм Фішера сенсорних властивостей нейронів моторної кори щурів на різних стадіях формування рухового навика.

День тренування	Загальна кількість зареєстрованих нейронів	Кількість реагуючих нейронів	Відсоток реагуючих нейронів	Критерій Фішера ϕ	Зона незначущості ϕ_1	Зона значущості ϕ_2	P Вірогідність відмінності з контрольною групою
до тренування (контроль)	106	15	14,2 %	-	-	-	-
після 1 дня	116	18	15,5 %	0,286	1,64	2,28	>0,05
після 5 дня	121	32	26,4 %	2,32	1,64	2,28	<0,01
після 8 дня	107	37	34,6 %	3,55	1,64	2,28	<0,01
після 14 дня	96	36	37,5 %	3,88	1,64	2,28	<0,01

Таблиця 3. Частота, з якою зустрічаються різні типи реакцій нейронів моторної кори тренуваних щурів у відповідь на пасивні рухи контрлатеральної кінцівки (n; %).

Дні тренувань	Кількість нейронів	Реагуючих	Тип реакції			
			збудливий			гальмівний
			збудливий фазичний за типами "on", "off", "on-off"	збудливо-гальмівний фазичний	збудливий тонічний	
Контроль (до тренувань)	106; 100%	15, 14,2 %	7; 6,7 % 12; 11,3 %	2; 1,9%	3; 2,8 %	3; 2,8 %
1 день	116; 100%	18, 15,5 %	6; 5,2 % 13; 11,2 %	4; 3,4 %	3; 2,6 %	5; 4,3 %
5 день	121; 100%	32*, 26,4 %	15; 12,4 % 30*; 24,8 %	8; 6,6 %	7; 5,8 %	2; 1,7 %
8 день	107; 100%	37*, 34,6 %	13; 12,1 % 34*; 31,8 %	13*; 12,1%	8; 7,5 %	3; 2,8 %
14 день	96; 100%	36*, 37,5 %	14; 14,5 % 30*; 31,3 %	9*; 9,4 %	7; 7,3 %	6; 6,3 %

Примітка: * - вірогідність відмінностей ($p < 0,01$) показника групи щодо відповідного показника контрольної групи.

менше за критичне значення $\phi_1 = 1,64$, $p > 0,05$).

Але подібне порівняння між експериментальними групами кожного послідовного етапу (а тим більше - кожного наступного дня) може не дати відмінностей, навіть якщо зміни відбуваються реально, але ідуть не "стрибком", а плавно. Більш логічним буде проведення порівняння з початковим рівнем (контрольна група) попарно з кожним послідовним етапом.

Таким покроковим аналізом між показниками контрольної групи та групами п'ятого, восьмого, чотирнадцятого дня тренування встановлено наявність суттєвих відмінностей ($p < 0,01$) у частці реагуючих нейронів (критерій Фішера п'ятого дня $\phi = 2,32$, восьмого дня $\phi = 3,55$, чотирнадцятого дня тренування $\phi = 3,88$, що більше за критичне значення $\phi_2 = 2,28$).

Для вивчення більш тонких механізмів міжнейронної взаємодії нами проведено аналіз окремих типів реакції нейронів. Перш за все нас цікавило який з процесів превалував у динамічних процесах навчання - збудження чи гальмування. Результати такого дослідження подано у таблиці 3. Реакції гальмівного типу по мірі набуття рухового навика мали тенденцію до більшої частки серед зареєстрованих нейронів (2,8% - у нетренованих; 4,3% - після першого дня тренування; 1,7% -

після п'ятого дня; 2,8% - після восьмого; 6,3% - після чотирнадцятого дня). Але достовірних відмінностей між часткою нейронів з гальмівною реакцією у контрольній групі та групами першого, п'ятого, восьмого, чотирнадцятого дня тренування не встановлено. (критерій Фішера при порівнянні відповідного показника першого дня склав $\phi = 0,6$; п'ятого дня $\phi = 0,5$; восьмого дня $\phi = 0,012$; чотирнадцятого дня тренування $\phi = 1,19$, що менше за критичне значення $\phi_1 = 1,64$, $p > 0,05$). Реакції збудливого типу по мірі набуття рухового навика мали тенденцію до більшої частки серед зареєстрованих нейронів (11,3% - у нетренованих; 11,2% - після першого дня тренування; 24,8% - після п'ятого дня; 31,8% - після восьмого; 31,3% - після чотирнадцятого дня). При цьому встановлені достовірні відмінності між часткою нейронів зі збудливою реакцією у контрольній групі та групами п'ятого, восьмого, чотирнадцятого дня тренування. Критерій Фішера при порівнянні відповідного показника з показником першого дня склав $\phi = 0,03$ (що недостовірно, бо менше за критичне значення $\phi_1 = 1,64$, $p > 0,05$); п'ятого дня $\phi = 2,68$; восьмого дня $\phi = 3,73$; чотирнадцятого дня тренування $\phi = 3,55$, що більше за критичне значення $\phi_2 = 2,28$.

Встановлені закономірності свідчать про інтенсивні

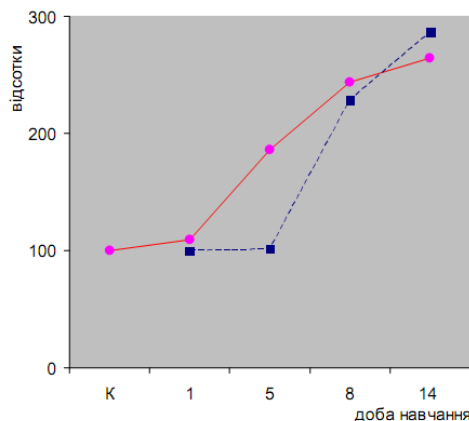


Рис. 4. Співставлення графіків змін нормалізованих показників успішності реалізації навика (пунктирна лінія) із відсотками нейронів моторної кори, які реагують на пропріоцептивні стимули в процесі формування рухового навика (суцільна лінія). За 100% взято показник успішності захоплення харчової кульки рівень в 1 день тренування та відсоток реакуючих нейронів у нетренованих (контрольних) щурів ("К").

процеси збільшення сенсорного притоку в моторну кору в процесі формування моторного навика. Для порівняння з іншими параметрами, що вивчались у дослідженні, нами нормалізовано показник частки нейронів, що реагують на пропріоцептивні стимули (рис. 4).

Встановлено, що частка реакуючих нейронів у різних за ступенем тренованості експериментальних груп має пряму залежність. Звертає на себе той факт, що вірогідні відмінності від показника контрольної групи ($p < 0,01$) спостерігаються після п'ятого дня тренування. Це відповідає кінцю початкової фази формування моторного навика і початку перехідної фази, коли ще не зросла успішність виконання досягаючого руху (див. табл. 1 і рис. 4). Наступним кроком аналізу стало вивчення кореляційного зв'язку між показником успішності рухового навика та часткою нейронів, які реагували на пропріоцептивні стимули в експериментальних групах. Суттєвим є високий рівень кореляції між показниками ($r = 0,89$), частка реакуючих на пропріоцептивні стимули нейронів корелює з процесами покращення успішності реалізації навика.

Єдина група порівняння демонструє невідповідність - після п'ятого дня тренування вже спостерігається високий рівень сенсорного притоку в кору (26,4%), але зберігається низький рівень успішності захоплення харчової кульки (0,29). Поясненням цьому може полягати у тому, що спочатку відбуваються процеси збільшення сенсорного притоку у моторну кору, а потім відбува-

ються видимі покращення зовнішніх проявів досягальних рухів.

Уточнення нейронних механізмів, завдяки яким відбувається процес навчання, полягало в кореляційному аналізі успішності захоплення окремо для процесів гальмування і збудження. Показник кореляції ($r = 0,60$), характерний для процесів гальмування значно нижчий, ніж аналогічний показник, отриманий для частки нейронів, які реагують збудженням ($r = 0,79$). Цей може свідчити, що в процесі вироблення моторного навика переважають процеси збудження.

Висновки та перспективи подальших розробок.

1. Процес навчання руховому навичу щурів супроводжується значними змінами властивостей моторної кори. По мірі вироблення оперантного їждобувного рефлексу зростає кількість нейронів, які реагують на сенсорні стимули від контрлатеральної робочої кінцівки.

2. У групі щурів після восьмого та чотирнадцятого дня тренувань виявлені нейрони, які проявили нові типи реакції, що не спостерігались у менш тренованих тварин. Вони полягали у тонічному збудженні під час окремих фаз пасивного руху кінцівки: одна з реакцій відбувалась під час фази екстензії кінцівки, друга - протягом фази флексії.

3. Встановлено, що лише на п'яту добу навчання вірогідно ($p < 0,01$) у порівнянні з контрольною групою більший відсоток реакуючих на пропріоцептивні стимули нейронів і ця тенденція зберігається при подальшому тренуванні. Цю закономірність забезпечують переважно нейрони, які реагують за збудливим типом (критерій Фішера $\phi > 2,28$; $p < 0,01$), тоді як частка нейронів із гальмівним типом реакції змінюється несуттєво (критерій Фішера $\phi < 1,64$; $p > 0,05$). Більша частка реакуючих на пропріоцептивні стимули нейронів корелює з процесами покращення успішності реалізації навика ($r = 0,89$).

4. На п'яту добу тренування нами встановлено більшу частку реакуючих нейронів, ніж на попередніх етапах, а потім, на восьму добу, відбувається суттєвий підйом кривої успішності моторного навика. Отже, цей факт може бути підставою для встановлення причинно-наслідкових зв'язків: спочатку відбуваються процеси збільшення сенсорного притоку у моторну кору, а потім відбуваються покращення зовнішніх проявів досягальних рухів.

Така відповідність підтверджує наші уявлення про причинно-наслідкові зв'язки між морфо-функціональними змінами в моторній корі і зовнішніми проявами діяльності. Подальших досліджень потребує питання участі нейронів із коротколатентними сенсорними входами у формування кортикофугальної моторної команди.

Список літератури

Власенко О.В. Конусний багатоканальний мікроелектрод як основа нейрональної триангуляції [Електронний

ресурс] /О.В.Власенко, І.Л.Рокунець, В.В.Чечель //Інноваційний потенціал української науки XXI століття.

- Запоріжжя. - 2010. - №3. - Режим доступу до журн.: <http://nauka.zinet.info/8/vlasenko.php>

- Гланц С. Медико-биологическая статистика; пер. с англ. / Гланц С. - М.: Практика, 1998. - 459 с.
- Особливості формування параметрів іжодобувних рухів щурів в умовах вільної поведінки /В.М.Мороз, М.В.Йолтухівський, О.В.Власенко [та ін.] //Вісник Вінницького національного медичного університету. - 2010 (а). - Т.14, №1 - С. 1-14.
- Пат. 15851 UA, МПК А61В 5/04. Спосіб позаклітинної реєстрації потенціалу дії різних ділянок нейрону /Мороз В.М., Чечель В.В., Власенко О.В., Рокунець І.Л., Йолтухівський М.В. (UA); Вінницький національний медичний університет імені М.І. Пирогова (UA). - № u2006 00989; Заяв. 03.02.2006; Опубл. 17.07.2006, Бюл. № 7.
- Пат. 55671 UA, МПК А61В 5/04. Багатоканальний пристрій для телеметричної передачі потенціалів дії нейронів головного та спинного мозку /Чечель В.В., Власенко О.В., Рокунець І.Л. (UA); Вінницький національний медичний університет імені М.І. Пирогова (UA). - № u 2010 05836; Заяв. 14.05.2010; Опубл. 27.12.2010, Бюл. № 24.
- Сидоренко Е.В. Методы математической обработки в психологии /Сидоренко Е.В. - М.: Речь, 2003. - 348 с.
- Сполучена імпульсна активність у мікропопуляціях нейронів моторної кори щура /В.М.Мороз, О.В.Власенко, І.Л.Рокунець [та ін.] //Нейрофізіологія /Neurophysiology. - 2010 (б). - Т.42, №2. - С. 132-139.
- Телеметрический программно-аппаратный комплекс для изучения нейронной активности в эксперименте /В.М.Мороз, О.В.Власенко, М.В.Йолтуховский [и др.] //Высокие технологии, фундаментальные и прикладные исследования в медицине и физиологии : всероссийск. науч.-практ. конф. 23 - 26.11.2010 в : сб. трудов, Т.2 - С-Пб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2010. - С. 195-196.
- Kleim J.A. Functional reorganization of the rat motor cortex following motor skill learning /J.A.Kleim, S.Barbay, R.J.Nudo //J. Neurophysiol. - 1998. - V. 80, №6. - P. 3321 - 3325.
- Monfils M.-H. In Search of the Motor Engram: Motor Map Plasticity as a Mechanism for Encoding Motor Experience /M.-H.Monfils, E.Plautz, J.Kleim //The Neuroscientist. - 2005. - Vol. 11, №5. - P. 471-483.
- Motor cortex plasticity during forced-use therapy in stroke patients: a preliminary study /J.Liepert, I.Uhde, S.Graf [et al.] //J. Neurol. - 2001. - Vol.248, №4. - P. 315-321.
- Neurophysiological correlates of hand preference in primary motor cortex of adult squirrel monkeys /R.J.Nudo, W.M.Jenkins, M.M.Merzenich [et al.] //J. Neurosci. - 1992. - Vol.12, №8. - P. 2918-2947.
- Paxinos G. The Rat Brain in Stereotaxic Coordinates /G.Paxinos and C.Watson. - San Diego: Acad. Press, 1997. - 245 p.
- Penfield W. The cerebral cortex of man /W.Penfield, T.Rasmussen - New York: Macmillan, 1950. - 352 p.

Власенко О.В.

ИМПУЛЬСНАЯ АКТИВНОСТЬ НЕЙРОНОВ МОТОРНОЙ КОРЫ У ТРЕНИРОВАННЫХ КРЫС ПРИ ПАССИВНЫХ ПЕРЕМЕЩЕНИЯХ ПЕРЕДНЕЙ КОНЕЧНОСТИ

Резюме. Процесс выработки нового двигательного пищедобывательного навыка происходит в течение 8 - 14 дней. Анализ динамики успешности захвата пищевого шарика послужил основанием выделить три стадии: начальную, переходную, совершенного навыка. В состоянии кетаминного наркоза у крыс пяти экспериментальных групп разных стадий тренированности изучена способность нейронов моторной коры реагировать на адекватные сенсорные стимулы. Установлено, что количество реагирующих нейронов коррелирует ($r = 0,89$) с показателем успешности реализации навыка. В группах животных, начиная с пятого дня обучения, зарегистрировано существенно ($p < 0,01$) больший процент реагирующих на проприоцептивные стимулы нейронов по сравнению с контрольной группой. Увеличение успешности моторного навыка происходит позже, на восьмой день. Этот факт может быть основанием для установления причинно-следственных связей: сначала увеличивается сенсорный приток в моторную кору, а затем происходит улучшение качества достигающих движений.

Ключевые слова: двигательный навык, моторная кора, импульсная активность нейронов, пассивные движения, крысы.

Vlasenko O.V.

SPIKE ACTIVITY OF NEURONS IN THE MOTOR CORTEX IN TRAINED RATS DURING PASSIVE MOVEMENTS OF THE FORELIMB

Summary. The process of developing a new motor skill is food-getting for 8 - 14 days. Analysis of the dynamics of success capture food pellet gave rise three stages: initial, transitional, perfect skill. In the state of ketamine anesthesia in rats of five experimental groups at various stages of fitness studied the ability of neurons of the motor cortex to respond to adequate sensory stimuli. Found that the number of neurons responding correlated ($r = 0,89$) with the index of success of the skill. In groups of animals, from the fifth day of training, reported significantly ($P < 0.01$) higher percentage of responders to proprioceptive stimuli neurons compared to controls. Increase the success of motor skill occurs later, on the eighth day. This may be the basis for establishing a cause-and-effect relationships: first increase in the inflow of sensory motor cortex, and then an improvement in the quality of reaching movements.

Key words: motor skills, motor cortex, the impulse activity of neurons, passive motion, rats.

Стаття надійшла до редакції 03.05.2012 р.

© Яворський П.В.

УДК: 616-006.363.03:616-056.52

Яворський П.В.

Вінницький національний медичний університет імені М.І. Пирогова, кафедра акушерства та гінекології №2 (вул. Пирогова, 56, м. Вінниця, Україна, 21018)

МОРФОЛОГІЧНІ ТА ІМУНОГІСТОХІМІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ЛЕЙОМІОМИ МАТКИ НА ТЛІ ОЖИРІННЯ

Резюме. Обґрунтована потреба у нових підходах до лікування лейоміоми матки у жінок на тлі ожиріння, зважаючи на підвищення експресії маркерів проліферації, факторів росту і неоганіогенезу, зниження апоптичної активності в стромально-