

НА ЗАКІНЧЕННЯ НОМЕРА

ПАМ'ЯТЬ: ЯК ВОНА ПРАЦЮЄ?

R. S. Feldman, C. Stevens
Time, червень 2000 р.

Внаслідок величезної кількості стимулів, що надходять із зовнішнього середовища, клітини мозку формують нові типи електричних з'єднань, які фіксують зображення, запах, звуки тощо. Найнезміннішою частиною цієї гіпотези було те, що кількість нейронів, які беруть участь у створенні цих "кіл" пам'яті, з часом зменшується. Кожна людина при народженні отримує певну кількість нервових клітин, яка щороку зменшується. За допомогою цієї теорії легко пояснити те, що людина, починаючи з середнього віку, відзначає погіршення пам'яті і їй з кожним роком стає дедалі важче набувати нових знань. Проте за останні кілька років виконано низку унікальних експериментів, які змусили науковців переглянути теорію про те, як працює пам'ять, і нагадали нам про мізерність наших знань про неї.

Сліди пам'яті, або *інграми*, як їх назвали нейроспеціалісти, спочатку викарбовуються глибоко в мозку в ділянці, яку називають гіпокампом. Гіпокамп відіграє роль "неврологічної чернетки" і зберігає інграми тимчасово, доки вони якимось чином не передаються (імовірно, під час сну) до постійних місць зберігання у лобній ділянці кори головного мозку. Цю ділянку кори часто називають центром розуму і сприйняття. Вважають, що тут, як і в гіпокампі, інформація зберігається у вигляді "нейронних каракуль" (скупчень з'єднаних між собою клітин).

Тривалий час було аксіомою, що ці скупчення з'єднаних клітин виникають з тих нейронів, які вже були в мозку з моменту народження. Вважали, що нова пам'ять не потребує нових нейронів, просто повинні виникати нові зв'язки між старими нейронами. Відтворення пам'яті виникає при активації одного з цих зв'язків.

Така гіпотеза має сенс. Мозок людини містить мільярди нейронів, які можуть з'єднуватись у безмежній кількості комбінацій, що дає змогу створити достатню кількість скупчень клітин для запису фактів навіть найбагатшого на події життя. Якби мозок дорослої людини мав здатність утворювати нові клітини, як це робить шкіра чи кістки, то ця гіпотетична здатність мозку застосовувалась би лише для фіксації якихось певних нюансів.

Дослідження на мавпах у середині 60-х років підтримували гіпотезу, що кількість нейронів у мозку є фіксованою від народження. Проте в минулому році Елізабет Гоулд і Чарльз Гросс з Принстонського університету оприлюднили результати своїх досліджень на мавпах, які свідчили про те, що в гіпокампі їхнього мозку щодня утворюються тисячі нових нейронів. Ще сенсаційнішим було повідомлення про те, що з гіпокампа до кори постійно мігрує певна кількість клітин. Поки що немає певності, що ж робити з цими даними. Уже раніше були повідомлення, що утворення нових нервових клітин (нейрогенез) може відбуватися у тварин з більш примітивною нервовою системою. Фернандо Ноттебом з університету Рокфеллера довів, що в канарки виникає новий комплект нейронів кожного разу, як вона вивчає нову пісню; коли настає час змінити мелодію, ці нейрони злущуються.

Проте було загально визнано, що у ссавців і особливо у приматів (включаючи *Homo sapiens*) цей механізм створення нових частин мозку давно був витіснений

еволюцією. Ці істоти мали більшу необхідність у тривалому зберіганні пам'яті, тому потрібна була гарантія того, що інграми не будуть перериватись вклиненням нових клітин. Проте останні дані спонукують глянути по-новому на багато речей.

Нині вважають, що місцем зародження нових нейронів є гіпокамп (немає сумніву, що ця ділянка мозку критично важлива для пам'яті). Пацієнти з пошкодженням гіпокампа втрачають здатність засвоювати нові факти, проте вони все ще можуть згадати те, що було закарбовано в мозку до моменту виникнення пошкодження. Гоулд висунула гіпотезу, що нові нейрони, які виникли в гіпокампі, мають підвищену здатність формувати зв'язки між собою. Як і в канарок, ці клітини формують зв'язки між собою, щоб закодувати нову пам'ять. Пізніше, коли в цих клітинах вже немає потреби, вони "вимиваються" із системи, а інграми переносяться в інше місце для зберігання. Таке пояснення досить добре стикається зі старими теоріями. Проте складніше пояснити інші дані досліджень: міграцію нових нейронів від гіпокампа до кори. Чи можуть ці нейрони бути залучені до перенесення інформації в постійні місця зберігання, тобто до перетворення короткотривалої пам'яті в довготривалу? Можливо, робить припущення Гоулд у статті, цей транспортний механізм забезпечує шлях кодування пам'яті за часом виникнення — це допомагає нам пам'ятати, коли ми дізналися про щось. Давніша пам'ять мала би пов'язуватися би зі старшими нейронами. Проте ніхто не може навіть зробити припущення, як працює цей механізм. Якщо пам'ять і справді переміщається через мозок завдяки потоку нових нейронів, тоді всі старі ідеї треба переглянути.

Мозок є настільки комплексним органом, а експерименти з ним є настільки складними для інтерпретації, що вся картина може змінитись уже через рік. Що б не сталося з поглядами на нейрогенез, фундаментальна теорія про те, що інграми виникають через з'єднання нейронів (нових або старих чи їх комбінації), імовірно, виживе у якійсь формі.

Тим часом інші лабораторії намагаються визначити, яким чином нейрони створюють між собою з'єднання. Тут також, мабуть, доведеться переглянути багато уже прийнятих гіпотез. Протягом останніх двадцяти років науковці розробляють теорію, згідно з якою основну роль в утворенні зв'язків між нейронами відіграє так званий NMDA-рецептор. Вважають, що механізм працює таким чином: якщо один нейрон повторно посилає сигнали до іншого нейрона, то його NMDA-рецептори реагують, запускаючи каскад реакцій, які зумовлюють посилення зв'язку між двома нейронами.

Уже багато років відомо, що миші, в яких NMDA-рецептори хімічно заблоковані, не можуть запам'ятати шлях у лабіринті. Серйозним підтвердженням цієї ідеї було те, що вдалось генетично створити так званих "розумних" мишей, в яких була більша кількість NMDA-рецепторів. Такі миші набагато швидше освоювались у новій обстановці.

Проте інший експеримент значно ускладнив ситуацію. Генетично створили мишей, які не мали NMDA-рецепторів у зоні гіпокампа, — ділянки мозку, яка особливо важлива для запам'ятовування. Як і очікували, такі миші мали значно обмежені ресурси пам'яті. Але коли цих мишей помістили в оточення, де було багато різноманітних стимулюючих пристроїв (коліщатка, іграшки тощо), то вони швидко відновлювали ресурси пам'яті. Коли науковці дослідили тканину гіпокампа цих мишей під електронним мікроскопом, то виявили нові з'єднання нейронів, які виникли за відсутності важливих NMDA-рецепторів. Це викликало великий резонанс.

Є кілька ймовірних пояснень цього феномену. Нейрони в ділянці гіпокампа можуть створювати нові з'єднання, застосовуючи зовсім інші механізми, про які науковцям було невідомо. Або з'єднання, які в нормі формувались у гіпокампі, замість цього виникали в корі, де NMDA-рецептори залишались інтактними. Мозок є

настільки пластичним, що функції, втрачені його однією ділянкою, може брати на себе інша ділянка.

Вивчення механізмів утворення інграмів і визначення того, чи залучено до цього процесу нейрогенез, буде лише першим кроком до розуміння того, як у нас відбувається процес запам'ятовування. Якщо пам'ять справді зберігається у вигляді конфігурації з'єднаних між собою нейронів, то який вигляд мають ці конфігурації? Скільки нейронів треба для того, щоб створити в мозку образ вашого собаки і як ця конфігурація співвідноситься з конфігураціями, які є абстрактними категоріями собак, котів чи інших живих істот?

А коли ви читаєте книжку, то як нейрони з'єднуються між собою, щоб "записати" ті абзаци, які ви запам'ятали? Яким чином конфігурація нейронів дає вам зрозуміти, що цей епізод ви знаєте з книжки, а не із власного досвіду?

П'ятдесят років тому Карл Лешлі написав статтю під назвою "У пошуках інграма". У ній він описав свої невдалі спроби знайти скупчення нейронів, у яких щур зберігав пам'ять про лабіринт. Навчивши тварину бігати по лабіринту, він видаляв мозок частинку за частинкою. Щур поступово ставав дедалі в'ялішим і загальмованішим, але Лешлі так і не знайшов того місця, де зберігалась пам'ять про лабіринт.

Минуло 50 років, але дослідники пам'яті такі ж безпорадні, як колись Лешлі. Проте вони мають надію, що експеримент за експериментом їм вдасться поглибити знання того, як працює пам'ять, і наблизити той день, коли її можна буде відновлювати на випадок втрати.

Підготував *Володимир Павлюк*