

УДК. 616.831+612.822

Геник С.М.

Особливості нейронної мережі мозку

Кафедра загальної хірургії (зав.каф., проф.Гудз І.М.)

ДВНЗ Івано-Франківський національний медичний університет

Резюме. В переплетенні міжнейронних зв'язків виділяють декілька вузлів-комутаторів, через які проходить значна кількість таких зв'язків. Внаслідок такого типу мережі мозок обробляє інформацію швидше і ефективніше працює, як єдине ціле. Виключення ділянки, що має незначну кількість зв'язків з сусідніми відділами майже не впливає на поведінку сітки в цілому. А виключення одного з вузлів-комутаторів приводить до різкої зміни нейронної сітки.

Ключові слова: нейронні зв'язки, мозок, нейронна сітка, вузли-комутатори, інформація.

В чашці Петрі лежить нейрон. Періодично він самовільно видає електричний розряд, що поширюється по всій його довжині. Якщо розряджати електричним струмом, він може відповідати додатковими розрядами, якщо додати в чашку Петрі різні нейромедіатори – змінити частоту і кількість розрядів. І все ж сам по собі нейрон мало на що здібний /2, 5/. Однак достатньо з'єднати 302 нейрони і ми одержимо досить життєздатну нейронну систему нематода (круглого черв'яка), здатного сприймати оточуюче середовище, приймати рішення і посилати команди органам. Якщо ж взяти 100 мільярдів нейронів, об'єднаних 100 трильйонами зв'язків, то вийде людський мозок з його справді невичерпними можливостями.

Як саме нагромадження нейронів породжує свідомість, залишається глибокою тайною. Деякі дослідження присвячують своє життя вивченню діяльності окремих нейронів, інші аналізують мозок на більш високому рівні, наприклад, досліджують функцію гіпокампа. Сьогодні можна звернутися до більш високого рівня організації мозку, спостерігаючи за активністю різних його відділів в різних ситуаціях, наприклад, при читанні або переляку. Але лише окремі учені пробували сумістити декілька рівнів вивчення мозку одночасно, що пояснюється величезною складністю задачі. Навіть декілька нейронів можуть утворювати надзвичайно складні задачі. Можна лише уявити собі масштаб при дослідженні структури із 100 мільярдів нервових клітин. Чим більше нейронів, тим складніший мозок.

Для розшифрування мозку нейрофізіологам допомагають приклади інших наук, в яких уже декілька десятиліть вивчаються складні системи – від законів фондової біржі і комп'ютерних мереж до взаємодії генів і білків в окремій клітині. Здавалося б, у клітині і біржі мало спільного, однак при дослідженні будь-яких складних систем було виявлено багато подібностей. Тому нейрофізіологи починають використовувати ці методи для вивчення мозку як складної системи. Поступово виявляються закони за якими мільярди нейронів об'єднуються в контури, а вкінці в ту єдину взаємопов'язану мережу, яку ми називаємо головним мозком /3, 8/.

Нейрони об'єднуються в контури завдяки відростків (аксонів), за допомогою яких клітини контактують одна з другою. По аксонах від одного нейрона до другого передаються електричні сигнали. Оскільки кожен нейрон може створювати контакти з тисячами інших нейронів, як тих що лежать поблизу так і віддалених, можливих варіантів нейронних контурів існує дуже велика кількість. Організація нейронного контуру визначає його функціонування /4/.

Яким чином можна вивчати нейронну мережу головного мозку? Дослідник Олаф Спорнс з Університету Індіани разом зі своїми співробітниками розробив мініатюрну модель мозку, яка включала 46 тисяч віртуальних нейронів, розміщених на сферичній поверхні. Кожен нейрон зв'язаний один з другим. В будь-який момент часу кожен нейрон мав невелику вірогідність самовільного розряду. Коли такий розряд виникав, він міг також з невеликою вірогідністю

викликати імпульси в інших нейронах.

Створивши «іграшковий мозок» О. Спорнс почав мінити зв'язки між нейронами і спостерігати за ними. Спочатку він з'єднав кожен нейрон з ближчими сусідами. При цьому сітка стала «мерехтіння» невеличкими випадковими спалахами активності: при розряді кожного нейрона виникала хвиля, що поширювалась лише на коротку відстань. Далі дослідники зв'язали між собою всі нейрони в межах сітки. Картина помінялась. Модель стала «пульсувати» регулярними хвилями, що поширювались на всю сітку /5, 7/.

Вкінці учені створили якусь проміжну систему, в якій між нейронами були як короткі, так і довгі зв'язки. Поведінка її зразу ускладнилась. Розряди нейронів стали приводити до виникнення великих вогнищ активності, що супроводжувались по «мозку» подібним завихренню. Інколи такі хвилі стикались, а інколи по сітці здійснювались кругові рухи. Таким чином, при активації сітки одні нейрони починали давати спонтанні розряди інші залишалися в стані спокою. Вивчення рисунка активації моделі допомогло зрозуміти, як з різних способів організації нейронної сітки виникають складні взаємодії, окремі з яких виявляються і в реальному мозку.

Для того, щоб зрозуміти поведінку хвиль, нейрофізіологи намагаються прослідкувати зв'язки між нейронами у всьому мозку. Об'єднавшись із спеціалістами по нейровізуалізації із Лозанського університету (Швейцарія) Патріком Качманом і його співробітниками О. Спорнс проаналізував дані, одержані на п'яти добровольцях за допомогою так званої дифузної МРТ. Метод дозволяє розглядати аксони – довгі відростки, покриті тонкою ліпідною оболонкою, утворюючи так звану білу речовину. Дослідники вибрали біля тисячі ділянок кори і прослідкували за їхніми зв'язками /5, 7, 8/.

Потім автори розробили симуляційну модель тисячі ділянок і перевірили яка активність може в ній виникати. В кожній ділянці появилися розряди, що могли поширюватися на зв'язані з ним ділянки, викликаючи їх активацію, яка переходить на нові ділянки. Коли модель була запущена, в ній появилися повільні коливання, які у мозку в стані спокою.

Дослідник з Національного інституту психічного здоров'я Dietmar Plenz і його співробітники вивчали принципи організації нейронних сіток на прикладі ростучій в чашці Петрі клітинній культурі фрагментів мозку величезної в кунжутну насінину. Для реєстрації спонтанної активності нейронів вони вводили в тканини 64 електроди. При приєднанні електродів до гучномовця можна було чути спалахи імпульсації нейронів як при барабанному дробу – так звані пачечні розряди. Вони не були випадковими, бо чим були довгими, тим рідше виникали.

Дітмар Пленц із співробітниками вивчали поведінку багатьох віртуальних нейронних сіток, щоб підібрати найбільш відповідаючі реальним. Найбільше наближення одержано для сітки із 60 груп нейронів. Кожна з них в середньому утворює зв'язки з десятьма іншими, але для кожної групи число зв'язків мало випадковий характер: в деяких було багато, в інших – одиниці. Такий рід сітей математики називають «малим світом» /6/.

Виявляється такі сітки можуть надавати мозку виключно високу чутливість до зовнішніх подразників. Подібно до того, як приєднаний до мікрофона підсилювач може посилювати звук в широкому діапазоні.

Створена О. Спорнс модель була подібна до мініатюрних фрагментів нервової тканини, які вивчав D.Plencz: в обох випадках мова йде про «малий світ», що включає декілька вузлів-комутаторів. Така організація сприяє економії

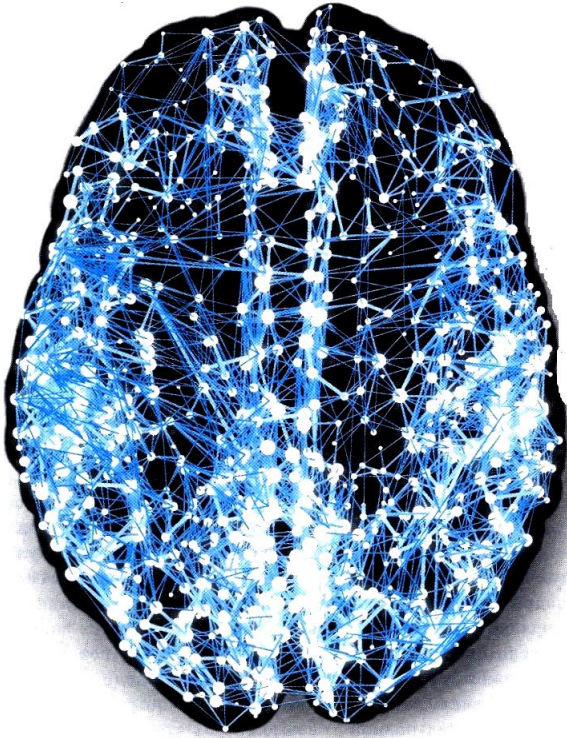


Рис.1 Обширна мережа міжнейронних зв'язків головного мозку

ресурсів і прискоренню роботи мозку. Справа в тому, що для формування і підтримки працездатності білої речовини мозок потребує великих затрат. В системах з декількома вузлів-комутаторів об'єм білої речовини може бути набагато меншим, а оскільки для передачі інформації з одного відділу мозку в інший треба небагато зв'язків, процес може проходити набагато швидше.

В 2010 році Національний інститут здоров'я вклав 30 мільйонів доларів в проект «коннектом людини». Завдяки цьому нейрофізіологи складають більш детальні карти нейронної мережі мозку. Ціль проекту – описати зв'язки між всіма нейронами мозку дорослої людини. Але навіть така картина не зможе дати вичерпну інформацію про мозок у всій його складності: нейрони використовують лише частину зв'язків, які мають, при чому в кожен момент активні зв'язки міняються, приводячи до перебудови всієї мережі (рис.1). Проте, вже виявилось, що в переплетенні міжнейронних зв'язків можна виділити декілька вузлів-комутаторів, через які проходить багато таких зв'язків. Можливо, внаслідок такого типу мережі мозок обробляє інформацію швидше, а також ефективніше працює, як єдине ціле /5, 6/ (рис.2).

Для того, щоб зробити важливі практичні висновки неврологи не обов'язково повинні мати повну картину всіх внутрішньомозкових зв'язків. Багато даних свідчить, що деякі захворювання мозку обумовлені не пошкодженням якогось відділу, а порушеннями функціонування нейронних сітей. O.Sporns і його співробітники вивчали зміни створеного ними «малого світу» при виключенні окремих його елементів. Виявилось, що виключення ділянки, що має незначну кількість зв'язків з сусідніми відділами, майже не впливає на поведінку сітки в цілому. Однак, при виключенні одного із вузлів-комутаторів активність сітки різко мінялася. Це може пояснити загадкову непередбачуваність наслідків уражень мозку: в одних випадках незначне за розміром вогнище при пухлині або інсульті може привести до катастрофічних наслідків, в інших – ураження поширених ділянок мозку може залишитися майже непомітним /1, 5/.

Багато психічних захворювань можуть бути обумовлені порушенням функції нейронної мережі. Колектив під керів-

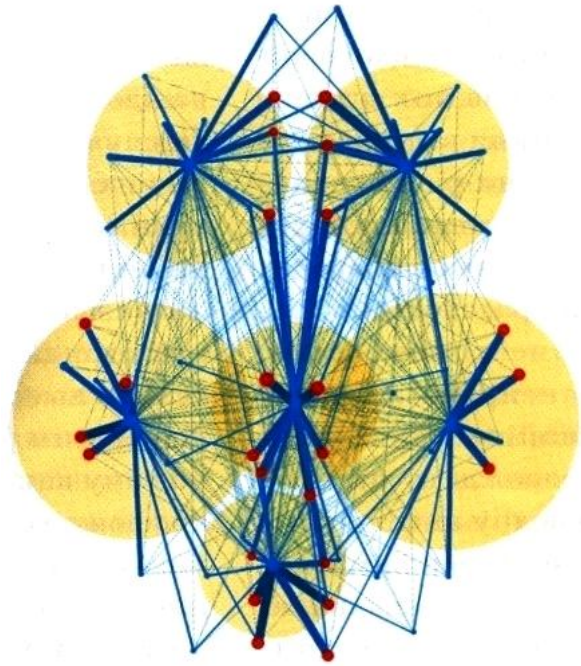


Рис.2. Мережа вузлів-комутаторів по типу «малий світ»

ництвом невролога Ed Bulmore із Кембріджського університету досліджував можливий зв'язок між такими порушеннями і шизофренією. Вони проаналізували дані функціональної МРТ в 40 хворих шизофренією і 40 здорових людей в спокою, в лежачому положенні з відкритими очима. Виявилось, що у хворих шизофренією активність багатьох ділянок була більш синхронізована, ніж у здорових.

Вчені прийшли до висновку, що зміни активності нейронних сіток мозку можна використовувати для розробки чутливих методів діагностики психічних розладів, наприклад, аутизму і синдрому дефіциту уваги з гіперактивністю. Крім того, відновлення нормальної активності нейронних сіток може бути показником ефективності лікування.

Література

1. Берндзе М.З., Урушадзе И.Т., Шакаршвили Р.Р. Механизм отороченной гибели нейронов при острой церебральной ишемии в эксперименте / Журнал неврологии и психиатрии.- 2001.- №3.- С.35-40.
2. Горяной П. Будова нейрона і зв'язки між нейронами в синапсах / Основи здоров'я та фізична культура. - 2006. - №4. - С.11-13.
3. Денисов А.Г., Калашникова С.А., Щеголев А.И. Количественная оценка нейронов в нейроглии с помощью комнатной морфометрии / Бюллетень экологической биологии и медицины.- 2010.- №1.- С.109-112.
4. Магухно А.Г. Роль метаболитических рецепторов в управлении функциональным состоянием нейронов. Палеология. - 2009.- №1.- С.53-58.
5. Циммер К. Сто триллионов связей / К.Циммер // В мире науки.- 2011.- №3.- С.13-19.
6. Pajevic S., Plenz D. Efficient Network Reconstruction from Dynamical Cascades Identifies Small-World Topology of Neuronal Avalanches / Plos Computational Biology.- 2009.- Vol.5., N1.- P.271-293.
7. Sporns O. et al. Mapping the Structural Core of Human Cerebral Cortex / Plos Biology.- 2008.- Vol.6, N7.- P.159-168.
8. Sporns O., Tononi G., Edelman G.M. Theoretical Neuroanatomy: Relating Anatomical and Functional Connectivity in Graphs and Cortical Connection Matrices / Cerebral Cortex. 2000. – Vol.10, N2.- P.127-141.

Геньк С.М.

Особенности нейронной сети мозга

Кафедра общей хирургии (зав.каф. - проф.Гудз И.М.)
ДВНЗ «Ивано-Франковский национальный медицинский университет»

Резюме. В переплетении междунейронных связей выделяют несколько узлов-коммутаторов, через которые проходит множество

таких связей. Благодаря такому особенному типу сети мозг обрабатывает информацию быстрее и эффективнее работает как единое целое. Выключение одного из узлов-коммутаторов – активность сети резко менялась. А выключение участка, обладающего небольшим количеством связей с соседними отделами, почти не влияло на поведение сети в целом.

Ключевые слова: нейронные связи, мозг, нейронная сеть, узлы-коммутаторы, информация.

Genyk S.M.

Features of Brain Neural Network

Department of General Surgery (Head of the Department prof. Gudz I.M.) of Ivano-Frankivsk National Medical University

Abstract. At the intersection of interneuronal connections identified

a number of nodes-communicators through which spreads a significant number of such connections. Because this particular type of network brain processes information quickly and efficiently works as a whole. Exclusions section, having a small number of connections with neighboring departments almost has no effect on the behavior of the net as a whole. And the exclusion of one of the nodes-communicators leads to a sharp change of neural nets.

Keywords: neural connections, brain, neural net, nodes-communicators, information.

Надійшла 22.06.2015 року.

УДК 378.2

Геник С.М.

Енергія заохочень учених

Кафедра загальної хірургії (зав.каф., проф. Гудз І.М.) Івано-Франківського національного медичного університету

Історія наукових премій почалася три століття тому. Тільки тоді вони вручалися не за наукові праці, а за виконання конкретних завдань. По своїй суті, це були не премії, а скоріш за все призи.

Першим великим науковим призом вважають так званий приз «Довгбій», заснований англійським парламентом з подачі Ісаака Ньютона в 1714 році. В ті часи не було методу точного визначення географічних координат, через що кораблі часто пропливали повз острови і тижнями шукали порти призначення. Матеріальні втрати від цього були такі великі, що законодавці держав, основою воєнної і економічної могутності яких був флот, пообіцяли виплатити 20 тисяч (біля 150 кг золота) людині, яка сконструює прилад для точного визначення довготи (широту тоді штурмани визначали за Сонцем і зірками досить точно). За умовами, прилад повинен був на шляху з Англії у Вест-Індію дати похибку не більше 30 миль (55 км). Таким приладом могли стати особливо точні годинники, погрішність яких за час плавання не вийшла б за 30 секунд (найточніші годинники в той час ходили в нормальних умовах з точністю плюс-мінус 3 хвилини на день).

Прилад виграв тесляр, що захоплювався годинниковою справою Джон Гаррісон, який потратив на винахід свого хронометра 40 років. В 1761 році Д.Гаррісон представив публіці 40 кілограмовий прилад, який за час випробувального плавання (81 день) дав похибку 1,25 сек. Але видачу винахіднику обіцяної премії парламентарії розтягнули на 12 років: дуже не хотіли розставитися з такою сумою грошей.

Вирішивши проблему з навігацією, людство задумалося про гігієну. В 1783 році французька академія наук об'явила про те, що виплатить 2,4 тисячі людині, яка запропонує промисловий спосіб одержання синтетичних миючих засобів. Сума була мала і через шість років академія збільшила її до 12 тисяч. В 1791 році французький хімік, керуючий селітряними виробництвами Арсенала Ніколя Леблан запатентував «спосіб перетворення глауберової солі в соду». Правда, і тут не обійшлося без затримки. Чи Н.Леблан не знав про обіцяну премію, чи завадила французька революція, що націоналізувала і відкритий ним завод і сам патент, але гроші удалося одержати тільки потомкам хіміка в 1855 році.

За те наступну премію – за розробку способу зберігання їжі при тривалому транспортуванні – заснував в 1795 році якраз французький революційний уряд. Сума була величезна – 12 тисяч франків (за нинішнім курсом – 250 тисяч доларів). Переможцем цього разу став кондитер з Парижу Ніколя

Апперта, який в 1804 році запропонував те, що ми сьогодні називаємо консервами. Після того, як він в 1810 році опублікував працю під назвою «Мистецтво збереження всіх типів тваринних і рослинних субстанцій протягом декількох років», сам імператор Наполеон вручив йому премію. На одержані гроші кондитер побудував перший у світі консервний завод «Дім Апперта», який пропрацював аж до 1933 року.

Початок ХХ століття був щедрим на багаточисленні премії і призи. Людство тільки навчилося літати, пізнало смак великих швидкостей і дальних переміщень і перші його призи були пов'язані з гонками або перельотами. В 1919 році американський бізнесмен Реймонд Ортейг запропонував 25 тисяч доларів (на сьогодні 10 мільйонів) тому, хто перший сам один перелетить з Парижа в Нью-Йорк без посадки. Гроші одержав в 1927 році американський пілот Чарльз Ліндберг, який за 33 години 9,5 хвилин на своєму літакові подолав відстань 5810 км.

Потім треба крутити педалі? Англійський велосипедист Брайан Аллен крутив їх для того, щоб одержати знаменитий приз Кремера – 50 тисяч фунтів стерлінгів (приблизно 500 тисяч доларів на сьогоднішній перерахунок). Ці гроші промисловець Генрі Кремер ще в 1959 році пообіцяв першій людині, яка зможе на літальному апараті, що має рухатися за допомогою людських м'язів облетіти по вісьмірці дві мачти, які будуть на відстані 804 метри одна від другої. Інженер Пол Бітті Маккреді для цього спеціально побудував літак, що важив 32 кг і мав розмах крил 29 м. Через два роки в 1979 році пара Маккреді-Аллен взяла і другий приз Кремера – 100 тисяч фунтів стерлінгів (1 мільйон доларів на теперішні гроші) за переліт на такому апараті через Ла-Манш.

Останнім великим призом минулого століття став оголошений в 1996 році десятильйонний приз за космічний апарат, який зможе піднятися на висоту 100 км. Запропонував його разом з багатьма відомими компаніями і людьми інженер, підприємець і учений Пітер Діамандіс. За приз боролися 23 конструктори. Переміг в 2004 році Берт Рутон. Приз і грошову нагороду можна було вважати манною небесною, але на розроблення і будівництво свого апарату Б.Рутон витратив 25 мільйонів доларів. З іншого боку, він уже тепер має замовлення від більше, ніж 7 тисяч людей, кожна з яких готова заплатити 200 тисяч доларів за право полетіти в космос на кораблі Берта Рутона.

В кінці минулого століття і на початку теперішнього різного роду наукові премії в найрізноманітніших ділянках