

Лисиця А. В.

ГЕНЕТИЧНЕ ПІДґРУНТЯ КОГНІТИВНИХ ПРОЦЕСІВ

У статті розглянуто стан вивчення проблеми впливу спадковості на когнітивні процеси, а також деякі особливості еволюції та функціонування мозку, тенденції розвитку молекулярної біології. Для адекватного реагування на виклики сучасності, що пов'язані з розвитком новітніх генетичних технологій, запропоновано в процесі навчання студентів-психологів передбачити можливості їх теоретичного та практичного ознайомлення з сучасними ДНК-технологіями.

Ключові слова: когнітивні здібності, нервова система, геном, еволюція.

В статье рассмотрено состояние изучения проблемы влияния наследственности на когнитивные процессы, а так же некоторые особенности эволюции и функционирования мозга, тенденции развития молекулярной биологии. Для адекватного реагирования на вызовы современности, которые связаны с развитием новейших генетических технологий, предложено в процессе обучения студентов-психологов предусмотреть возможности их теоретического и практического знакомства с современными ДНК-технологиями.

Ключевые слова: когнитивные способности, нервная система, геном, эволюция.

This article is dedicated to problem of the influence to heredity on cognitive processes. Some particularities to evolutions and operating the brain, trends of the development to molecular biology are presented in this article also. The Students psychologists must know how adequately to respond to call of our time. This there is development the most latest genetic technology in the first place. The Possibilities acquaintance with modern DNA-technology must be provided in scholastic process.

Keywords: cognitive abilities, nervous system, gene, evolution.

Спроби пов'язати гени з когнітивними здібностями та поведінкою робилися задовго до появи та реалізації програми "Геном людини". Ще давні греки сперечалися про значення природи і виховання. Так

сталося, що в двадцятому столітті більше наголошували на культуральних мотивах, а на початку двадцять першого маятник відхилився в інший бік. Тепер шукають “гени” усюди – від інтелекту до ожиріння та облісіння. За законами діалектики прибічники обох напрямів мають рацію.

Метою нашої роботи є визначення сучасного стану проблеми генетичного підґрунтя когнітивних процесів, врахування тенденцій розвитку молекулярної біології при підготовці студентів-психологів.

Аналіз положень когнітивної етології дозволяє стверджувати, що жоден біологічний вид, включаючи людину, не є “*tabula rasa*” для навчання, а інтелекту живих істот не притаманна універсальність [1].

Так чи інакше, на сьогодні у більшості дослідників не викликає сумніву твердження, що високий рівень інтелекту – це, в першу чергу, продукт генотипу (спадковості). Варіанти традиційних (нормальних) стилів виховання чинять, порівняно з генетикою, невеликий вплив на кінцевий IQ [2]. Ч. Мюррей і Р. Хернштейн на основі аналізу великого масиву статистичних даних стверджують, що від 60 до 70% дисперсії інтелекту викликано генами, а решта пов’язана із зовнішніми чинниками, такими як харчування, освіта, склад сім’ї та ін. [3]. Частина психологів і соціологів з цим не погоджується, але оскільки в цій дискусії превалює не біологія, а політика, то поглиблюватися в неї ми не будемо.

У будь-якому випадку не можна заперечувати важливого значення як спадковості (генотип), так і виховання. Наприклад, мутація, виявлена в гені, що кодує фермент моноаміноксидазу А (МАОА), який розщеплює нейромедіатори в синаптичній щілині, призводить до розвитку високої агресивності (немотивована агресія, поєднана з легким ступенем розумової відсталості). Порівняльне дослідження груп людей з асоціальною поведінкою (бандитські напади, пограбування, зґвалтування, жорстокість щодо тварин та ін.), у яких була низька (мутація) і нормальна активність МАОА різниці не виявило. Але коли цю вибірку розділили за умовами виховання в дитинстві, то у людей з мутацією МАОА виявилася суттєва залежність поведінки від умов виховання (сприятливих або несприятливих) [4]. Тобто управління дією генів і фенотипічна корекція дії патологічних генів на одному з етапів їх проявлення можливе.

Нові гени, які відповідають за ті чи інші когнітивні функції або поведінку людини, відкривають ледве не щомісяця, наприклад, ген DRD4 (дофаміновий рецептор) пов’язують з такою психологічною характеристикою людини, як прагнення до нових вражень, інколи його ще називають геном авантюризму. В Європі його частота ста-

новить 10-15%, в Північній Америці – 40%, а в Південній Америці доходить до 70%. У дітей довгий алель цього гена пов’язаний із синдромом гіперактивності з порушенням уваги [4].

Ген *SOMT* також регулює функціонування нервових синапсів, він відповідає за фермент, який розщеплює дофамін та інші нейромедіатори. Мутації в цьому гені впливають на розвиток шизофренії і хвороби Паркінсона, на швидкість прийняття рішень [5]. З іншого боку, у людей з двома нормальними копіями цього гена краща пам’ять і вищі показники інтелекту [6]. Звичайно, тут слід бути обережним і розуміти, що складні когнітивні або поведінкові функції не можна пов’язувати з роботою одного гена, працює цілий ансамбль генів, його узгоджена і гармонійна робота суттєво залежить від зовнішніх чинників (екологія, спосіб життя тощо).

Якщо вважати, що когнітивні якості – це інтегральна здатність керувати розумовими конструкціями, то між людиною і рештою інших видів живих істот на планеті колосальна відстань.

Хоча в проблемі еволюції людини ще багато “білих плям”, на сьогодні більшості антропологів вважає, що людина сучасного типу (*Homo sapiens sapiens*), сформувалася в південно-східній Африці приблизно 150 тис. років тому [7, 8]. Це підтверджують і результати аналізу мітохондріальної ДНК. Біологічна еволюція нашого виду могла закінчитися близько 28 тис. років тому, після зникнення неандертальця (*Homo sapiens neanderthalensis*), з яким людина сучасного типу епізодично схрещувалася. А можливо і раніше, бо *H. sapiens sapiens* і *H. sapiens neanderthalensis* схрещувалися 60 тисяч років тому та приблизно 45 тисяч років тому [8]. Крім корінних африканських племен, розташованих південніше екватора, представники інших рас мають певний відсоток “неандертальських генів”. Якщо людина сучасного типу існує на планеті принаймні десятки тисячоліть, то логічним є питання, чому найстаріші сліди цивілізаційного типу мають такий “молодий вік”? Найстаріше з відомих нам міст Катал Гуок (територія сучасної Туреччини) виникло близько 8 800 років тому, писемність шумери винайшли близько 5000 років тому, а Велика піраміда в Гізі (Єгипет) побудована лише близько 4 600 років до нашого часу.

Логічно припустити, що еволюція людини не припинялась, проте, крім локальних адаптацій (наприклад, утворення рас), основний її вектор міг бути спрямований на вдосконалення нервової системи взагалі, і когнітивних якостей зокрема.

Еволюцію, з точки зору сучасної синтетичної теорії, можна розглядати як множину маленьких епізодів, кожний з яких закріплює

через природний добір роботу певного гена для певних функцій в організмі. У такому випадку складається враження, що майже вся еволюція геному значною мірою спрямована на створення, розвиток і підтримання функцій саме нервової системи. Мутації відбуваються в усіх генах, що відповідають за ті чи інші функції в різних органах, а не лише в мозку. Але природний добір дає більше навантаження (з погляду адаптації) на ті функції, які пов'язані з поведінкою і когнітивними процесами. Тут тиск добору більш серйозний, і нагромадження адаптивних мутацій відбувається швидше. Нервова система штовхає організм в такі умови, які спонукають появу нових морфологічних ознак, реалізуються нові можливості. Наприклад, якщо зміна поведінки призводить до зміни харчового раціону, то поступово змінюється будова тіла та ін. Тобто мозок може прискорювати і морфологічну (біологічну) еволюцію. Пластичний мозок дає вектор для еволюції геному.

Тут доречно згадати вітчизняного біолога І. Шмальгаузена, який вважав, що еволюція починається не зі змін генотипу, а навпаки – зі змін фенотипу (не спадкові), які поступово фіксуються, оформлюються в зміни генотипу (спадкові). Хоча зусиллями таких наших “вчених”, як Т. Лисенко, ця ідея значною мірою була дискредитована.

Коли говорять про головні відмінності між людиною і мавпою, то в першу чергу виділяють розумові здібності та мову. Стосовно мови виявилось, що ген, пов'язаний із здатністю говорити (FOXP2 або forkhead box P2), є не лише у людини, а й в інших ссавців, і навіть у птахів та крокодилів. Експерименти, проведені на мишах, показали, що при “виключенні” цього гена порушується формування однієї з зон головного мозку в ембріональний період. Секвенування в 2007 р. гена FOXP2, вилученого з кісткових решток неандертальців показало, що він (ген) практично такий самий, як і в сучасних людей. Можна припустити, що мовні здібності палеоантропів суттєво не відрізнялися від наших [9]. Це лише припущення, бо, звичайно, поява такого феномена, як мова, не може залежати від одного гена. Один з постулатів сучасної системної біології стверджує, що у живих системах з окремої частини судити про ціле ризиковано [10].

Американський антрополог Т. Дикон вважає, що не мова пристосувалася до мозку, а, навпаки, мозок пристосувався до мови [11]. Тобто не генетичні зміни (навіть якщо ми зараз їх і виявляємо) лежали в основі появи мови, а навпаки. За своєю суттю, ця теза не заперечує ще одного положення сучасної системної біології про те, що в живих системах, яким властивий багатомірний рух, причина може

бути водночас і наслідком, а наслідок – причиною, бо всі процеси не стільки впливають один з одного, скільки інтегровані та узгоджені один з одним у часі [10].

Швидше за все, в одних ситуаціях більше працюють одні механізми, а в інших – інші. Спонтанні мутації в генах дають матеріал для морфологічних змін, адаптації та відбору, а умови існування, своєю чергою, впливають на геном.

Відомо, що генетична різниця між людиною і шимпанзе становить лише 1%, між різними людьми в середньому 0,1%. За розмірами геному людина і вищі примати практично не відрізняються, але у людини на одну пару хромосом менше. Проте головна генетична відмінність між людиною та іншими створіннями полягає не в кількості генів, а в характері їх взаємодії. Активність генів визначається не лише їх послідовністю в молекулі ДНК (дезоксирибонуклеїнової кислоти), а й іншими чинниками, наприклад, просторовою конфігурацією “подвійної спіралі” та її метилюванням. Усі чинники які визначають включення-виключення тих чи інших генів, вивчає один з нових напрямів молекулярної біології – епігенетика.

Порівняння геномів людини і шимпанзе дозволило виявити ділянки, на яких темпи змін за останні 5 мільйонів років були суттєво вищими, ніж в середньому по геному [12]. Таких ділянок виявилось 49, на деяких з них зміни відбувалися аж в 70 разів швидше за середні! Визначили ген, який зазнав найбільших змін. Це ген HAR1, який кодує невеличку регуляторну молекулу РНК (рибонуклеїнова кислота). У ньому виявилось 118 відмінностей між людиною і шимпанзе. А між шимпанзе і птахами (курча) таких відмінностей лише дві. Цей ген існує давно, він є у птахів і ссавців, проте саме на шляху від мавпи до людини ген зазнав найбільших змін. Працює HAR1 в корі головного мозку з сьомого по дев’ятнадцятий тиждень розвитку ембріону, коли закладаються верхні шари кори головного мозку і формуються горизонтальні зв’язки. Крім того, цей ген якимось чином регулює роботу інших генів [12].

Тобто на сьогодні вже доведено, що існують ділянки, які відрізняють геном людини від геному шимпанзе за найвищими темпами еволюції. Найбільш швидко еволюціонують гени, пов’язані з формуванням і роботою кори головного мозку.

Звичайно, не можна йти шляхом максимального спрощення і стверджувати, що в складному процесі еволюції людини все залежало від окремих мутацій невеликої групи окремих генів. Не можна применшувати значення культурної і соціальної еволюції, появи вищої пам’яті (писемності). Людський мозок – це надзвичайно пластична

структура, орган, у якому розвиток ніколи не припиняється. Нейронна мережа змінюється залежно від того, чим зайнятий наш мозок. Те, з чим людина стикається в житті, постійно викликає зміни в роботі генів і маленькі епізоди морфогенезу, які змінюють наш мозок. Тобто когнітивні процеси стимулюють генетичні процеси. А зміна в одній частині живої системи впливає на властивості цілої системи.

Останні 5 тисяч років еволюція людини (у першу чергу нейро-еволюція) відбувається прискореними темпами, цьому сприяє різке зростання чисельності населення, стрімкі зміни навколишнього середовища, збільшення мутагенних чинників, успіхи медицини тощо.

Тепер розглянемо деякі особливості функціонування мозку.

Людський мозок, як і мозок інших ссавців, є досить енерговитратною системою. Його маса становить близько 2-2,5% маси тіла людини, а на утримання витрачається від 10% (у стані спокою) до 25-30% (в активному стані, з урахуванням роботи і периферичної нервової системи) всієї енергії організму [13]. Зекономити енергію можна шляхом зменшення часу перебування в активному стані. Наприклад, представники родини кошачих (леви, тигри, гепарди, пантери та ін.) близько 80% всього часу неактивні і лише 20% витрачають на пошук здобичі, розмноження, з'ясування внутрішньовидових стосунків. Інший шлях мінімізації часу інтенсивної роботи нервової системи – вроджений набір інстинктивних програм поведінки, “інструкцій” для прийняття рішень у тих чи інших типових ситуаціях. Ще один варіант – рутинерство.

Крім того, мозок ще й дуже “матеріаловитратний” орган. Порівняно з іншими органами і тканинами організму, в ньому надзвичайно активно відбувається експресія генів, постійно синтезуються-розщеплюються молекули РНК, білків, нейромедіаторів тощо. Для цього необхідне посилене постачання витратних матеріалів (амінокислоти, жирні кислоти, вуглеводи, кисень та ін.).

Мозок також є “інформаційно-витратним” органом. У геномі людини більше 80% усіх генів працює саме на мозок. Для порівняння – в інших органах це лише одиниці відсотків [12].

Отже, чим менше часу мозок працює в інтенсивному режимі, тим дешевше обходиться його утримання. Парадокс полягає в тому, що внаслідок еволюції було створено унікальний інструмент для реалізації найскладніших когнітивних процесів і механізмів поведінки, проте витратність такої супердосконалої нервової системи виявилася дуже високою [13]. Через це більшість ссавців інстинктивно намагаються використовувати мозок якомога рідше.

Особливість когнітивної діяльності тварин полягає в тому, що вона формується на основі набору різноманітних можливостей, до яких належать видоспецифічна фільтрація стимулів, вроджені схильності до утворення одних асоціативних зв'язків і, можливо, заборона на утворення інших, набір генетично обумовлених стереотипів тощо [1]. Усі ці джерела когнітивної діяльності суттєво впливають на її специфіку. Тварини різних видів демонструють здатність до надзвичайно складних форм когнітивної діяльності, проте в межах доволі вузьких доменів. Видотипові обмеження формують спеціалізований розвиток когнітивних потенцій у тварин. Процеси навчання значною мірою визначаються спадково обумовленою схильністю, тобто навчання у тварин контролюється інстинктом. Навчання в контексті вродженої схильності відбувається часто навіть після одноразового сполучення стимулів. Це стосується життєво важливих ситуацій, таких як страх хижаків, розрізнення батьків, статевих партнерів, отруйних та їстівних об'єктів тощо. Тварини можуть бути “обладнані” або готовими вродженими шаблонами сприйняття життєво важливих стимулів, або генералізованими “смутними образами”, які прискорюють процес навчання. Усе це дозволяє організму мінімізувати витрати на навчання.

Висновки. Підсумовуючи наведене вище, можна сказати, що мозок людини просто вимушений еволюціонувати, зупинити цей процес неможливо. Усі корисні адаптації, в т. ч. й когнітивні, повинні генетично закріплюватися. Це дозволяє організму економити на роботі мозку.

На сьогодні, крім “природної” еволюції мозку, з'явилися й нові чинники. Розвиток новітніх технологій (нано-медичних, геномних, нейронних, біо-інформаційних та ін.) висуває на порядок денний такі проблеми, як свідоме втручання в геном людини для позбавлення від хвороб, гена терапія, продовження активного довголіття, удосконалення людського геному, конструювання “ідеальної дитини”, використання механізмів спадковості для вирішення життєво важливих (соціальних, економічних, моральних) питань, полювання за генами, які формують особистість, поведінку, психіку, когнітивні якості тощо.

З усіма цими та іншими проблемами практикуючим психологам доведеться зіткнутися вже в найближчому майбутньому. Темпи наукового прогресу свідчать, що суттєві зміни самої природи людини можуть відбутися навіть упродовж життя одного покоління. Тому в процесі навчання студентів-психологів вже зараз доцільно передбачити можливості їх теоретичного та практичного ознайомлення з

сучасними ДНК-технологіями. Оволодіння новітніми методами також дозволить поставити на належний рівень ефективну діагностику і профілактику психічних та соматичних захворювань, профорієнтаційну роботу, визначення груп ризику, виявити появу нових когнітивних властивостей, вивчати індивідуальні особливості функціонування мозку тощо.

Література:

1. Резникова Ж. И. Когнитивное поведение животных, его адаптивная функция и закономерности формирования // Вестник Новосибирского государственного университета. Серия: Психология. – 2009. – Т. 3. – Вып. 2. – С. 53-68.
2. Cohen D. B. Stranger in the nest: Do parents really shape their child's personality, intelligence, or character? – New York, NY, USA: John Wiley and Sons, 1999. – 312 p.
3. Murray C., Herrnstein R. The Bell Curve: Intelligence and Class Structure in American Life. – New York, NY, USA: Free Press, 1994. – 845 p.
4. <http://www.bio.fizteh.ru/student/files/biology>.
5. <http://www.health-ua.org>.
6. <http://www.medstream.ru>.
7. Палмер Д., Палмер Л. Эволюционная психология. – М: Прайм-Еврознак, 2003. – 217 с.
8. Ткаченко В. І. До питання про носіїв гравецьких індустрій // Кам'яна доба України. – Вип. 14. – Київ: Шлях, 2011. – С. 115-121.
9. <http://www.historic.ru>.
10. Околітенко Н. І., Гродзинський Д. М. Основи системної біології. – К. : Либідь, 2005. – 360 с.
11. Deacon T. W. The Symbolic Species: The Co-Evolution of Language and the Human Brain. – London: W. W. Norton & Company, 1997. – 352 p.
12. Анохин К., Черниговская Т. Зеркало для мозга // В мире науки. – 2008. – № 5 (<http://elementy.ru/lib/430617>).
13. Савельев С. Энергетический подход к эволюции мозга // Наука и жизнь. – 2006. – № 11 (www.nkj.ru).