

ФУНКЦІОНАЛЬНА АСИМЕТРІЯ: ГЕНЕТИЧНІ АСПЕКТИ ЇЇ ФОРМУВАННЯ

УДК 159.943.75–056.173:575(045)

І. Б. Вашеняк

Донедавна вважалося, що ліворукі люди складають у середньому 5 % населення і в різних регіонах Землі спостерігаються незначні відмінності в частоті ліворукості. У багатьох країнах існувала практика перевчання ліворуких дітей, адже більша частина предметів побуту, праці та дозвілля адаптована саме до праворуких людей. У міру ослаблення цієї тенденції кількість людей, які пишуть лівою рукою, за статистикою, помітно збільшилось (до 10–13 %), лише в Україні їх близько 10 мільйонів [23]. Існування право- і ліворуких людей пов'язують з явищем латералізації, під якою в науковій літературі розуміють перевагу одного з двох бічних елементів, розташованих відносно вертикальної осі, їх асиметрію.

Процес формування право- та лівопівкульних механізмів психічної діяльності людини здавна цікавив фахівців різних галузей, зокрема, антропологів і соціологів, лінгвістів та еволюціоністів, мистецтвознавців і педагогів тощо. Так, багато досліджень присвячено статистичним аспектам ліворуких людей у різних країнах (Т. Доброхотова, Н. Брагіна). Дослідження особливостей роботи сенсорних систем та реалізації психічних функцій залежно від латералізації півкуль здійснювали В. Аршавський, Т. Ахутіна, Л. Балонов, М. Безруких, Н. Брагіна, Т. Доброхотова, А. Лурія, В. Москвін, М. Ніколаєнко, Н. Реброва, А. Сиротюк, В. Суворова, Є. Хомська, Т. Черніговська [1; 2; 4; 5; 9; 13–17]; взаємозв'язків і взаємозалежності функціональної асиметрії та психопатології – Н. Багіна, Т. Доброхотова, С. Казакова, Д. Кауфман, С. Михайленко, А. Чуприков [5; 7; 8]; лінгвістичних аспектів латералізації півкуль – Л. Балонов, Н. Вольф, Б. Котик, М. Ніколаєнко, О. Разумнікова, Д. Слобін, Т. Черніговська [4; 6; 13; 16]; статевої диференціації мозку і пов'язаної з нею латералізації – О. Баєва, Н. Вольф, О. Разумнікова [3;

б); особливостей формування образів та їх реалізації мистецькими засобами залежно від латералізації півкуль – М. Ніколаєнко [15–17]. Результати цих досліджень дали багатий матеріал, що знайшов застосування у практичній психології, психології творчості, психопатології, педагогіці, кадровому менеджменті. Питання ж, які стосуються причин виникнення і формування функціональної асиметрії півкуль в онтогенезі, досі залишаються відкритими, незважаючи на те, що їх розробкою вже давно займаються М. Аннетт, Н. Багіна, Т. Доброхотова, І. МакМанус, Т. Марютіна, В. Небиліцин, Б. Теплов та інші [10; 12; 24; 26].

Метою цієї статті є розгляд сучасних концепцій, які намагаються пояснити причини виникнення і формування функціональної асиметрії півкуль в онтогенезі, а також аналіз існуючих генетичних моделей ліворукості.

Процес формування функціональної асиметрії півкуль в онтогенезі можна розглядати, виходячи з двох протилежних концепцій, запропонованих Е. Ленненбергом [25] та доповнених Е. Сімерніцкою [21]. Перша – концепція еквіпотенціальності (рівності) півкуль, згідно з якою передбачається початкова рівність правої і лівої півкуль відносно всіх функцій, у тому числі і мовної. На її користь свідчить висока пластичність мозку дитини та можливість взаємозаміни симетричних відділів мозку на ранніх етапах розвитку. Той факт, що перші прояви переваги руки виявляються у дітей не одразу після народження, а з 7–9-ти місячного віку, здавалося б, говорить теж на користь початкової еквіпотенціальності півкуль (різниця у використанні збільшується і стає помітною до 3-х років). Проте, було встановлено, що у немовлят є інші ознаки латералізації, наприклад, перевага поворотів голови в один бік, відмінності в тонусі м'язів справа та зліва [20]. Друга концепція Е. Сімерніцкої базується на прогресивній латералізації (поступово наростаючій асиметрії), згідно з якою спеціалізація півкуль існує вже з моменту народження. Так, у праворуких людей є генетично запрограмована властивість саме лівої півкулі виявляти здатність до розвитку мовної функції і визначати діяльність провідної руки. На її користь свідчить той факт, що в новонароджених дітей розміри лівої

сильвієвої борозни, що відокремлює скроневу частку, є суттєво більшими, ніж правої. Це означає, що структурні міжпівкульні відмінності є вродженими.

У зв'язку з цим, І. МакМанусом було запропоновано доповнення: оцінювати мануальну латералізацію (перевагу руки) за допомогою двох незалежних показників: напрямок латералізації, тобто права або ліва рука є провідною (видоспецифічна характеристика, має два варіанти – лівобічний або правосторонній), та ступінь латералізації – кількісна характеристика, яка є індивідуальною і специфічною та має широкий діапазон неперервної мінливості [20; 27].

Мануальна латералізація, як і будь-яка інша особливість поведінки людини або властивість її психіки, є особливою ознакою фенотипу. Усі фенотипові ознаки формуються на основі генотипу та під впливом умов середовища. Проблема співвідношення спадковості і середовища у формуванні фенотипу людини, її окремих ознак, особливо тих, що стосуються психічного розвитку, залишається актуальною. На сьогодні походження ліворукості традиційно пов'язують із дією трьох груп чинників: внутрішньоутробна чи перинатальна травма або будь-який стрес (теорія патологічної ліворукості, С. Корен, А. Клар); вплив середовища, зокрема, культурного (еволюційна теорія); суто спадкова передача ознаки (теорія генетичної обумовленості) [19]. Суттєва роль впливу середовища у визначенні провідної руки, здавалося б, підтверджується тим фактом, що у немовлят не можна виявити переважання тієї чи іншої руки. Проте, як уже зазначалось, хоча у дитини спочатку явна перевага руки відсутня, але є інші ознаки латералізації в руховій сфері. Аргументом на користь того, що вплив середовища не є домінуючим, можуть бути дослідження прийомних дітей, всиновлених у ранньому віці. При цьому виявилось, що прийомні батьки, на відміну від біологічних, мало впливають на визначення провідної руки всиновленої дитини.

Генотипові особливості впливають на формування окремих рис людини (у цьому випадку – на мануальну латералізацію) лише постільки, поскільки вони впливають на її морфофункціональні характеристики, тобто в першу чергу

– на її центральну нервову систему, мозок, що є матеріальним субстратом психічного. Про чинники (генотип і середовище), які контролюють асиметрію структур мозку, відомо мало. Завдяки близнюковим дослідженням та дослідженням з використанням ЕЕГ з'ясовано, що об'єми кіркових структур мають великий генетичний компонент варіативності, а вплив загального середовища є значно меншим. Загальне середовище має приблизно в два рази більший ефект у лівій півкулі порівняно з правою, що свідчить про менший генетичний контроль лівої півкулі. Вплив індивідуального середовища є середнім за значенням між генотиповим впливом і впливом загального середовища. Генетичні чинники сильніше виявляються в ЕЕГ правої півкулі [11].

Щодо ролі генотипу у процесі формування функціональної асиметрії півкуль, то її варто розглянути, проаналізувавши існуючі нині конкретні генетичні моделі, які намагаються пояснити передачу нащадкам ознак переважного використання правої або лівої руки.

Запропонована англійським психологом М. Аннет (1964) найпростіша генетична модель, відповідно до якої розщеплення за цією ознакою відбувається згідно із законами Менделя, полягає в тому, що перевага руки визначається дією одного гена, який має два алелі: один алель – домінуючий (*R*) (визначає праворукість), другий – рецесивний (*l*) (визначає ліворукість). Так, дитина, яка успадкувала від обох батьків два алелі *R* буде праворукою, так само як і дитина з гетерозиготним генотипом *Rl* (*R* від одного з батьків, *l* від іншого). Діти з генотипом *ll* будуть ліворуками, вони успадкували алель *l* від обох батьків. Ця модель має основний недолік, що зводить нанівець усі переваги її простоти: вона не може пояснити, чому від шлюбу двох ліворуких батьків близько половини дітей виявляються праворукими. Відповідно до цієї моногенної моделі всі діти таких батьків повинні бути ліворукими, оскільки єдиний алель, який ліворукі батьки можуть передати своїм дітям, – це алель *l*.

Другою можливою генетичною моделлю була вдосконалена попередня. Удосконалення полягало у введенні припущення про неповну пенетрантність

гена. Під пенетрантністю розуміють частку індивідів з певним генотипом, у яких виявляється відповідний цьому генотипу фенотип. При неповній пенетрантності ознака виявляється не в усіх носіїв цього гена.

Ще складніша модель була запропонована Дж. Леві та Т. Нагілакі [20]. Згідно з цією моделлю, фенотипова ознака провідної руки є результатом роботи вже двох генів. Один ген з двома алелями (L і l) визначає півкулю, що контролюватиме мову та провідну руку: алель L визначає локалізацію центрів мови в лівій півкулі й є домінантним, а алель l – локалізацію центрів мови в правій півкулі та є рецесивним. Другий ген визначає те, якою саме рукою “управлятиме” мовна півкуля, – рукою своєї сторони (іпсилатеральною) або протилежної (контрлатеральною). Контроль руки, контрлатеральної півкулі кодується домінантним алелем C , а контроль іпсилатеральної – рецесивним алелем c . Наприклад: індивід з генотипом $LlCC$ буде правшею з центром мови в лівій півкулі. Спочатку запропонована модель не одержала належного підтвердження в дослідженнях, проте, як з’ясували вчені Оксфордського університету, вони віднайшли ген, що визначає, яка півкуля контролює мову і, відповідно, провідну руку. Ген отримав назву $LRRTM1$ та є об’єктом подальших досліджень [26].

Найцікавішою і найбільш детально розробленою на сьогоднішній день є друга модель, запропонована М. Аннетт [24], згідно з якою мануальна латералізація визначається геном “правостороннього зсуву” (rs). Цей ген також існує в двох алелях: домінантний алель ($rs+$) та рецесивний алель ($rs-$). М. Аннетт у своїй гіпотезі вважає, що у популяції людей існує збалансований поліморфізм по гену “правостороннього зсуву”. Якщо у людини є “позитивний” домінантний алель цього гена, то він схильний стати правшею з лівопівкульною локалізацією центрів мови. Якщо ж цей алель відсутній і є пара його рецесивних алелей ($rs-$), то людина може стати як правшею, так і лівшею залежно від обставин (наприклад, від умов внутрішньоутробного розвитку). Припускається, що ген “правостороннього зсуву” призводить до розвитку асиметрії, гальмуючи в ранньому онтогенезі розвиток, по-перше, скроневої

області правої півкулі, по-друге, лівої задньотім'яної області кори. Завдяки цьому, ліва скронева область дістає можливість переважної участі в процесах акустичного аналізу, а права задньотім'яна – у процесах зорово-просторового аналізу. Згідно з гіпотезою М. Аннетт, гомо- та гетерозиготний стани гена “правого зрушення” можуть призвести до суттєвих змін в особливостях функціонування кожної з півкуль. Так, гомозиготи по домінантному алелю (rs+) матимуть особливо сильний ефект зрушення, на поведінковому рівні це буде слабкість лівої руки, можливо, деяке зниження функцій правої півкулі (наприклад, просторових здібностей). Гомозиготи по рецесивному алелю (rs-) утворюють групу ризику щодо розвитку мовних навичок. У когнітивній сфері найбільшу перевагу матимуть гетерозиготні особи. При аналізі IQ дійсно була встановлена перевага гетерозигот: вони демонстрували найбільш високі результати. Основним слабким місцем гіпотези є припущення про існування в популяції збалансованого поліморфізму по двох алелях гена “правого зрушення”, а також перевага гетерозигот відносно гомозигот по обох алелях.

Генетична модель І. Мак-Мануса [27] за багатьма позиціями є дуже близькою до моделі М. Аннетт, але в ній присутні два гени, які визначатимуть перевагу руки. Згідно з цією моделлю, існує один ген D, що зумовлює праворукість, другий ген C визначає не ліворукість, а встановлення провідної руки під впливом зовнішніх обставин. Обставини (наприклад, особливості положення плоду стосовно дії гравітації) можуть визначити вибір руки, як правої, так і лівої. І. Мак-Манус припускає також існування гена-модифікатора, локалізованого в X-хромосомі, який впливає на статеві відмінності в ліво- та праворукості. На відміну від М. Аннетт, І. Мак-Манус не торкається особливостей здійснення когнітивних функцій, тобто він не поширює дію генів D і C на когнітивну сферу.

Ще складнішою повинна бути полігенна модель мануальної асиметрії. Детальних полігенних моделей, подібних до теорії М. Аннетт, поки що не існує. При цьому допускається, що гомозиготність по багатьох генах, які

визначають цю ознаку, веде до дестабілізації розвитку, включаючи шизофренію, аутизм, деякі фізичні аномалії тощо.

Незважаючи на значну кількість досліджень, на сьогодні не існує загальноприйнятої генетичної моделі, що пояснює феномени латералізації руки і центрів мови. Жодна з цих генетичних гіпотез не може пояснити поки що окремі факти:

- особливості розподілу популяції праворуких дітей у подружжя, які співпадають та не співпадають по провідній руці: якщо у подружжя провідні руки права і права, права та ліва, ліва і ліва, то у відповідних подружніх пар праворуких дітей повинно бути приблизно 90, 80 і 60 %;

- неможливість передбачити переважання руки дитини на основі вже відомої цієї ознаки в її братів та сестер;

- майже рівний ступінь співпадання і неспівпадання за цією ознакою в однойцевих та різнойцевих близнят;

- помітні відмінності за частотою переважання руки в різних географічних регіонах, хоча в цілому в усіх популяціях людей переважають праворукі люди;

- механізми становлення мануальної асиметрії в онтогенезі;

- можливість опису і пояснення всіх аспектів функціональної латералізації та спеціалізації мозку [20].

Існуючі до теперішнього часу генетичні моделі стосуються лише встановлення провідної руки і до деякої міри домінування півкуль. Вони не враховують профілю латеральної організації і не аналізують всіх можливих аспектів латералізації функцій. Напрямок асиметрії та її інтенсивність, швидше за все, – відносно незалежні ознаки, які можуть мати різні джерела генетичної детермінації. За деякими уявленнями, генотип контролює не стільки напрямок асиметрії, скільки ступінь її вираженості.

Існує й інший підхід – “генотип-культурна”, або коеволюційна модель встановлення переважання руки, заснована на двох положеннях, що відхиляють визначальну роль генотипу: по-перше, переважання руки не визначається

генетичними причинами, а всі індивіди мають загальний генотип, який визначає переважне використання правої руки; по-друге, переважання руки виникає в результаті взаємодії культури та умов розвитку. Вирішальну роль при формуванні цієї ознаки відіграють батьки, які суттєво підвищують схильність дітей до праворукості (якщо вони обидва правші) або не менш відчутно її знижують, будучи лівшами [20].

Згідно з цим підходом, неспівпадання в парах однойцевих близнят (з абсолютно ідентичним генотипом) можна пояснити також впливом середовища. Під впливом середовища тут потрібно буде розуміти особливості їх ембріонального розвитку, а саме стадію, на якій відбулося розділення одного зародка на два самостійні організми. Якщо розділення відбулося на ранніх стадіях розвитку, коли права і ліва половини ембріона ще не почали формуватися, то ніяких ознак неспівпадання по латералізації у близнят виявлено не буде. Якщо ж розділення зародка відбулося пізніше, тобто на стадії, коли вже почалася диференціація та виникли права і ліва половини, то можна чекати появи пар однойцевих близнюків, які не співпадають за напрямком латералізації. На користь цієї гіпотези говорить той факт, що у сполучених близнят, які ймовірно сформувалися на порівняно пізніх стадіях ембріонального розвитку, дзеркальність зустрічається набагато частіше. У таких випадках є можливим крайній вираз дзеркальності – інверсія розташування внутрішніх органів. Однак, ця гіпотеза не пояснює те, чому серед однойцевих близнюків зустрічаються пари, які є дзеркальними за одними ознаками та співпадають за іншими? Також досить сумнівним є той факт, що розділення зародка на два організми може відбуватися на пізніх стадіях розвитку і при цьому сформуються два життєздатні однойцеві близнюки [22].

Також неспівпадання в парах близнят можна пояснити схильністю близнят до дії патологічних чинників середовища. Такі чинники по-різному діють на партнерів, а тому в рівній мірі збільшують кількість неспівпадаючих пар як серед різнояцевих, так і серед однойцевих близнюків. Наприклад, нерівномірність внутрішніх умов, пологовий стрес, затримка дозрівання.

Отже, таку ознаку фенотипу як мануальна латералізація потрібно оцінювати за допомогою двох незалежних показників: напрямком латералізації (видоспецифічна характеристика) та ступенем латералізації (кількісна характеристика). Напрямок латералізації й її ступінь, швидше за все, – відносно незалежні ознаки, які можуть мати різні джерела генетичної детермінації. Генотип контролює не стільки напрямком асиметрії, скільки ступінь її вираженості. На сьогодні не існує загальноприйнятої генетичної моделі, що пояснює феномени латералізації руки і центрів мови. Жодна з існуючих на сьогодні генетичних гіпотез не може пояснити окремі факти, які стосуються причин виникнення та формування функціональної асиметрії півкуль в онтогенезі й успадкування напрямку та ступеня латералізації. А тому і надалі залишається актуальним пошук повноцінної генетичної моделі латералізації, завдяки якій стане можливим пояснення всіх аспектів функціональної латералізації та спеціалізації мозку.

Список використаної літератури

1. Аршавский, В. В. Межполушарная асимметрия в системе поисковой активности (К проблеме адаптации человека в приполярных районах Северо-Востока СССР) / В. В. Аршавский. – Владивосток : ДВО АН СССР, 1988. – 135 с.
2. Ахутина, Т. В. Нейропсихологическая диагностика развития процессов обработки зрительной информации : методическое руководство для школьных психологов, дефектологов и педагогов классов компенсирующего обучения / Т. В. Ахутина и др. – М. : Изд. МГУ, 1993. – 29 с.
3. Баєва, О. Чоловік і жінка в кадровому менеджменті / О. Баєва // Персонал. – 2004. – № 9. – С. 74–78.
4. Баллонов, Л. Я. О роли доминантного и недоминантного полушарий в регуляции эмоциональной экспрессии / Баллонов Л. Я., Деглин В. Л., Николаенко Н. Н. // Нейропсихология. Тексты / под ред. Е. Д. Хомской. – М. : Изд. МГУ, 1984. – С. 183–186.
5. Брагина, Н. Н. Функциональные асимметрии человека / Н. Н. Брагина, Т. А. Доброхотова. – М. : Медицина, 1981. – 288 с.

6. Вольф, Н. В. Динамика межполушарной асимметрии при восприятии речевой информации у мужчин и женщин. ЭЭГ-анализ / Н. В. Вольф, О. М. Разумникова // Журн. высш. нервн. деят. – 2001. – Т. 51. – № 3. – С. 310–314.
7. Доброхотова, Т. А. Функциональная асимметрия и психопатология очаговых поражений мозга / Т. А. Доброхотова, Н. Н. Брагина. – М. : Медицина, 1977. – 360 с.
8. Кауфман, Д. А. Об особенностях межполушарного взаимодействия при шизофрении / Д. А. Кауфман // Алкогольные и экзогенно-органические психозы. – Л. : Медицина, 1978. – 221 с.
9. Лурия, А. Р. Об изменчивости психических функций в процессе развития ребенка / А. Р. Лурия // Вопросы психологии. – 1962. – № 3. – С. 15–22.
10. Марютина, Т. М. Роль наследственности в формировании мануальной асимметрии / Т. М. Марютина // Вопросы психологии. – 1999. – № 3. – С. 75–83.
11. Мешкова, Т. А. Психогенетика : уч. пособ. / Т. А. Мешкова. – М. : Аспект Пресс, 2004.
12. Небылицын, В. Д. Психофизиологические исследования индивидуальных различий / В. Д. Небылицын. – М. : Наука, 1976.
13. Функциональная асимметрия мозга и принципы организации речевой деятельности / [Николаенко Н. Н., Егоров А. Ю., Траченко О. П. и др.] // Физиология человека. – 1998. – Т. 24. – № 2. – С. 1–7.
14. Николаенко, Н. Н. Предпочтение цвета как показатель эмоционально-личностных характеристик (исследование в условиях преходящего угнетения правого или левого полушарий мозга). Физиология человека / Н. Н. Николаенко, М. И. Островская. – 1989. – Т. 15. – № 4. – С. 11–15.
15. Николаенко, Н. Н. Оpozнание сложных цветовых образов и функциональная асимметрия мозга / Н. Н. Николаенко, Т. В. Черниговская // Вопросы психологии. – 1989. – Вып. 1. – С. 107–112.
16. Николаенко, Н. Н. Психология творчества / Н. Н. Николаенко ; под ред. Л. М. Шпицыной. – СПб. : Речь, 2005. – 277 с.
17. Николаенко, Н. Н. Функциональная асимметрия мозга и структура зрительного поля / Н. Н. Николаенко // Физиология человека. – 1989. – Т. 5. – № 1. – С. 8–15.

18. Поляков, В. М. Функциональная асимметрия мозга в онтогенезе (обзор литературы отечественных и зарубежных авторов) / В. М. Поляков, Л. И. Колесникова // Бюллетень ВСНЦ СО РАМН. – 2006. – № 5(51). – С. 322–331.
19. Постоева, В. А. Современные нейропсихологические представления о феномене левшества / В. А. Постоева, В. П. Пахомов // Вестник Томского Государственного Педагогического Университета. – 2010. – Вып. 2 (92). – С. 113–117.
20. Равич-Щербо, И. В. Психогенетика : учебник / И. В. Равич-Щербо, Т. М. Марютина, Е. Л. Григоренко ; под ред. И. В. Равич-Щербо. – М. : Аспект Пресс, 2008. – 448 с.
21. Симерницкая, Э. Г. Мозг человека и психические процессы в онтогенезе / Э. Г. Симерницкая. – М., 1983.
22. Фогель, Ф. Генетика человека : в 3-х томах / Ф. Фогель, А. Мотульски ; пер. с англ. – М. : Мир, 1989.
23. Шкелебей, Л. Ліворукі діти / Л. Шкелебей // Психолог. – 2010. – № 13 (397). – С. 8–12.
24. Annett, M. In defence of the right shift theory / M. Annett // *Percept. Motor Skills*. – 1996. – Vol. 82. – P. 115–137.
25. Lennenberg, E. H. Biological foundations of language / E. H. Lennenberg. – New York : Wiley, 1967.
26. LRRTM1 on chromosome 2p12 is a maternally suppressed gene that is associated paternally with handedness and schizophrenia / [Francks C., Maegawa S., Laurén J., Abrahams B. S. et al.] // *Molecular Psychiatry*. – 2007. – № 12. – P. 1129–1139.
27. The development of handedness in children / [McManus I., Silk G., Cole D. R. et al.] // *British Journal of Developmental Psychology*. – 1988. – Vol. 6. – P. 257–273.

Рецензент: кандидат психологічних наук, доцент Гундерук Л. М.