

ОГЛЯДИ
REVIEWS

УДК 612.821:616-056.16/.17- 073.97
DOI 10.11603/bmbr.2706-6290.2021.1.12096

Н. Б. Бегош, О. В. Бакалець, С. В. Дзига

Тернопільський національний медичний університет імені І. Я. Горбачевського МОЗ України

ФУНКЦІОНАЛЬНА АСИМЕТРІЯ ГОЛОВНОГО МОЗКУ: ПСИХОФІЗІОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ

**Функціональна асиметрія головного мозку:
психофізіологічні аспекти**

Н. Б. Бегош, О. В. Бакалець, С. В. Дзига

*Тернопільський національний медичний університет
імені І. Я. Горбачевського МОЗ України*

Резюме. Взаємозв'язок у функціонуванні півкуль головного мозку забезпечує адаптаційні процеси, підвищує надійність у керування органів та систем організму. Функціональна асиметрія півкуль є важливою психофізіологічною властивістю головного мозку людини та розглядається як одна з умов, необхідна для реалізації процесів вищої нервової діяльності людини.

Мета дослідження – висвітлити сучасні наукові напрямки дослідження міжпівкульної асиметрії мозку людини, її психофізіологічні, нейроанатомічні та нейрохімічні особливості для оцінки структурно-функціональних показників різних фізіологічних функцій людини.

Матеріали і методи. Проаналізовано літературні джерела щодо концепції міжпівкульної взаємодії мозку, її психологічного значення та впливу на функціонування різноманітних процесів в організмі людини та ефективність регуляторних механізмів.

Результати. Представлено огляд сучасних даних про динамічні властивості функціональної спеціалізації півкуль головного мозку. Наведені дані про нейроанатомічні та нейрохімічні особливості правої та лівої півкулі. Прислідено увагу адаптаційним механізмам у осіб з домінуванням одної із півкуль, особливостям міжпівкульної асиметрії правшів та лівшів на основі даних електроенцефалографії.

Висновки. Особливість сприйняття зовнішнього світу, характер реагування та поведінки людини визначається саме нерівнозначністю правої та лівої гемісфер мозку, поєднуючись з феноменом спеціалізації півкуль при здійсненні психофізіологічних функцій.

Ключові слова: функціональна міжпівкульна асиметрія; характеристики особистості; електроенцефалографія (ЕЕГ); праворукі; ліворукі; адаптація.

**Functional asymmetry of the brain:
psychophysiological aspects**

N. B. Behosh, O. V. Bakalets, S. V. Dzyha

I. Horbachevsky Ternopil National Medical University

e-mail: begosh@tdmu.edu.ua

Summary. The relationship in the functioning of the cerebral hemispheres provides adaptive processes, increases reliability in the management of organs and systems of the body. Functional asymmetry of the hemispheres is an important psychophysiological property of the human brain and is considered as one of the conditions necessary for the implementation of the processes of higher nervous activity of the person.

The aim of the study – to present the modern scientific directions of research of interhemispheric asymmetry of a human brain, its psychophysiological, neuroanatomical and neurochemical features for an estimation of structural and functional indicators of various physiological functions of the person.

Materials and Methods. Literature sources on the concept of interhemispheric brain interaction, its psychological significance and influence on the functioning of various processes in the human body and the effectiveness of regulatory mechanisms are analyzed.

Results. An overview of current data on dynamic properties of the cerebral hemispheres functional specialization is presented. Data on neuroanatomical and neurochemical features of the right and left hemispheres are given. Attention is paid to the mechanisms of adaptation in individuals with dominance of one of the hemispheres, on features of interhemispheric asymmetry of right-handed and left-handed people based on the EEG.

Conclusions. The peculiarity of the perception of the external world, the nature of human response and behavior is determined by the inequality of the right and left hemispheres of the brain, combined with the phenomenon of specialization of the hemispheres in the implementation of psychophysiological functions.

Key words: functional hemispheric asymmetry; personality; electroencephalography (EEG); right-handed; left-handed; adaptation.

ВСТУП

Взаємозв'язок у функціонуванні півкуль головного мозку забезпечує адаптаційні процеси, підвищує надійність у керуванні органів та систем організму [1–3]. Рівень функціональних резервів організму і здатність адаптуватися визначають здоров'я людини. Існує закономірний зв'язок у принципі розподілу аналізаторних функцій між правою та лівою півкулями та особливостями перебігу різних нервово-психічних процесів.

Міжпівкульна асиметрія півкуль є важливою психофізіологічною властивістю головного мозку людини та розглядається як одна з умов, необхідних для реалізації процесів вищої нервової діяльності людини. У визначенні терміну функціональна міжпівкульна асиметрія розуміють нерівнозначність функціональних структур правої і лівої півкуль мозку, що виражається в їх спеціалізації, тобто домінуванні у здійсненні будь-якої функції [4, 5].

Саме тому явище асиметрії зовсім не однозначне: певною властивістю володіє лише одна півкуля, іншою – обидві, але різною мірою, і все це знаходиться в дуже складній взаємозалежності та взаємодії. Останнім часом набуває визнання концепція про взаємодоповнювальну співпрацю двох півкуль та перевагу окремої півкулі лише на визначеній стадії тієї чи іншої нервово-психічної діяльності, а не усієї функції організму в цілому. Таким чином, міжпівкульна асиметрія має не глобальний, а парціальний характер: права і ліва гемісфери мають різну за характером і значимістю участь у здійсненні психофізіологічних функцій організму.

Метою дослідження було висвітлити сучасні наукові напрямки дослідження міжпівкульної асиметрії мозку людини, її психофізіологічні, нейроанатомічні та нейрохімічні особливості для оцінки структурно-функціональних показників різних фізіологічних функцій людини.

МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ

Проаналізовано літературні джерела щодо концепції міжпівкульної взаємодії мозку, її психологічного значення та впливу на функціонування різноманітних процесів в організмі людини та ефективність регуляторних механізмів.

РЕЗУЛЬТАТИ Й ОБГОВОРЕННЯ

Уперше сучасна концепція щодо вивчення функціональної асиметрії півкуль головного мозку пов'язана зі встановленням П. Брока ознак спеціалізації півкуль головного мозку людини.

У 1874 р. англійський невролог Х. Джексон сформулював теорію щодо домінантності лівої півкулі стосовно функції мови, а також вказав, що у процесах зорового пізнання важливе значення має права півкуля. Пізніше Р. Сперрі (лауреат Нобелів-

ської премії з фізіології та медицини, 1981 р.) відкрив, що кожна з півкуль є провідною в реалізації певних психічних функцій. Разом зі своїми однодумцями він сформулював «концепцію парціального домінування півкуль», яка полягає в тому, що кожна півкуля є певним чином домінантною у «своїх» функціях щодо забезпечення когнітивних процесів.

Сьогодні більшість науковців також дотримується теорії парціального домінування півкуль [4, 5]. Функціональна спеціалізація гемісфер проявляється в тому, що кожна з них спеціалізується на виконанні певних функцій.

Встановлено, що незважаючи на расову належність та національність, серед населення планети більшість праворуких людей, тобто з переважанням лівої півкулі. Решта людства ділиться на дві нерівні частини: приблизно від 5 до 20 % складають лівші, у яких відзначаються домінування правої півкулі, й близько 2–3 % населення складають амбідекстри – люди з однаково розвиненими руками.

Функціональна асиметрія півкуль мозку людини не обмежується лише відмінностями у досконалості м'язових функцій правої і лівої половин тіла. Вона також проявляється в діяльності інших органів, перш за все органів чуття. Наприклад, визначають ведуче око, яке найпершим налаштовується на об'єкт сприйняття, гострота слуху ведучого вуха вища, поріг нюхової чутливості у 70 % людей вищий справа, а зліва – лише у 13 %, у решти відмічається симетричність у відчутті запахів [3].

Таким чином, всі прояви функціональної асиметрії прийнято розділяти на три групи: моторні (рухові), сенсорні та психічні. Моторна асиметрія проявляється сукупністю ознак нерівності функцій м'язів рук, ніг, половин тулуба та обличчя у формуванні загальної рухової поведінки. Моторна асиметрія є нестійкою та в період адаптації може змінюватися [3, 4].

Прояв асиметрії у функціонуванні органів чуття – сенсорна асиметрія. Ця асиметрія зберігається і закріплюється протягом усього життя, тому вона є постійною характеристикою діяльності центральних систем [3, 4].

Розрізняють асиметрію зору, слуху, смаку, нюху і дотику. Сенсорні системи сприймають інформацію, яка надходить до правої та лівої гемісфер, а її аналіз і зберігання відбувається в тій півкулі, яка адаптована до певного типу інформації.

Психічна асиметрія проявляється у нерівності функцій великих півкуль мозку в процесі психічної діяльності, яка включає емоційні прояви, сприйняття, мислення, свідомість, мову та інші функції.

Різниця у спеціалізації гемісфер визначає сформульовані науковцями функціональні характеристики кожної з них. Встановлено, що ліва півкуля забезпечує аналітичну діяльність, деталіза-

цію у сприйнятті образів, відповідає за абстрактно-логічний компонент у мисленні. З функціонуванням правої півкулі пов'язують здатність сприймати об'єкт або навіть процес цілісно, творчі можливості, інтуїцію, адаптаційні можливості [3, 6].

Таким чином, латеральна спеціалізація мозку характеризується відносністю спеціалізації півкуль. Так як відбувається постійна взаємодія між ними, тому кожна функція може регулюватися обома півкулями. При цьому генетично детерміновані властивості головного мозку, особистий досвід і навіть конкретна ситуація впливає на характер асиметрії, унаслідок чого можна говорити про динамічність параметрів функціональної асиметрії півкуль [1, 5].

У сучасних працях науковців досліджується наявність нейроанатомічної та нейрохімічної асиметрії півкуль головного мозку [5, 7–10].

Виявлено відмінності коркових структур та міжпівкульної асиметрії у осіб різної статі. Так, цитоархітектоніка мозку чоловіків має виражену структурну асиметрію, разом з тим, як для жінок більш типовою і характерною є симетричність будови мозку [5].

Відмінності в нейроанатомічній будові кори правої та лівої півкуль головного мозку спостерігаються у скроневих ділянках, а також в деяких структурах лобної та тім'яної кори. Так, у жінок більш високий показник відношення сірої речовини до білої у лівій лобній корі порівняно з чоловіками [7]. У цьому ж дослідженні вказується, що об'єм сірої речовини в задній поясній звивині вищий у чоловіків, ніж у жінок.

Експериментально встановлено особливості розподілу в головному мозку гамма-аміномасляної кислоти (ГАМК), більша кількість якої концентрується в ядрах чорної субстанції, вентромедіальному ядрі зорового горба, хвостатому ядрі лівої півкулі. Також дослідники відмічають, що в лівій півкулі переважають дофамін, ГАМК, ацетилхолін, а в правій – серотонін та норадреналін [11].

Досліджено, що захисна дія одних ділянок мозку на інші забезпечується не тільки за допомогою нервових імпульсів, але і за рахунок нейрохімічних процесів, що зумовлюють асиметрію мозку [6, 11].

Відповідно до нейрохімічної теорії міжпівкульної асиметрії пусковим механізмом у розвитку пристосувальних реакцій організму є активація правої півкулі. Разом з тим, як функція лівої півкулі полягає у закріпленні цих реакцій. Такий розподіл до певної міри є умовним, так як кожна з гемісфер впливає на певний спектр функцій. Тому внутрішньо- та міжпівкульна взаємодія визначають перебіг процесів адаптації [6].

Відмічено, що індивідуально-типологічні властивості людини, зокрема наявність функціональної

асиметрії мозку, визначають ефективність активації регуляторних механізмів, що забезпечують оптимальну регуляцію системи кровообігу [12].

Особи, у яких домінує права півкуля, в умовах стресу намагаються будь-яким способом уникнути проблеми, а лівостороння – мобілізують усі сили для досягнення позитивного результату [13, 14].

Найчастіше у стресових ситуаціях активізується субдомінантна півкуля. Вважають, що в таких умовах зменшується вплив кінцевих продуктів енергетичного обміну на домінуючу півкулю [15, 16].

Також встановлено, що вища тривожність емоційно-вегетативного типу характеризує людей з домінуванням правої гемісфери, на відміну від лівопівкульних, які мають високу самооцінку здоров'я. Такі особи також менше схильні до депресивних станів [14].

Для дослідження функціональної міжпівкульної асиметрії використовують різноманітні методичні підходи. Серед таких, які характеризуються найбільшою інформативністю, – метод викликаних потенціалів та електроенцефалографія (ЕЕГ) [17–19].

ЕЕГ-дослідження показали, що реалізація механізмів уваги до емоційних стимулів супроводжувалася фронтальною асиметрією з вираженою активністю правої півкулі, а також високими значеннями тета-бета-співвідношення, які, вірогідно, пов'язані зі зниженням взаємодії між корою і підкірковими структурами [18].

В іншій науковій роботі за результатами потужності ЕЕГ встановлені особливості мозкового електрогенезу в формуванні фонові активності ЕЕГ кори головного мозку в осіб чоловічої та жіночої статей із різним профілем асиметрії. Так, було встановлено нижчу потужність альфа- та вищу бета- і гамма-коливань ЕЕГ у корі в чоловіків із лівобічним профілем асиметрії (ЛПА), по відношенню до чоловіків з правобічним профілем асиметрії (ППА). У лівопрофільних жінок, порівняно з правопрофільними, зареєстровано нижчу потужність у всіх діапазонах ЕЕГ. Виявлено вищу потужність тета-, бета-гамма-коливань ЕЕГ та нижчу в альфа-діапазоні у жінок із ППА порівняно з чоловіками з цієї ж групи. Також з'ясовано, що в лівопрофільних жінок у статевому аспекті зміни характеризувались нижчою потужністю в альфа-, тета- та вищою в бета-і гамма-діапазонах ЕЕГ [19]. На основі цього автори зробили висновок, що стан функціонального спокою в обстежуваних із ЛПА в статевому аспекті у жінок формується за більшої активності з боку лімбічної системи, ретикулярної формації. У чоловіків із ППА важливе значення мають таламо-кортикальні взаємодії.

Діагностика міжпівкульної асиметрії головного мозку за допомогою ЕЕГ може використовуватись

при вивченні біологічних основ індивідуальних відмінностей між лівшами та правшами; з метою виявлення значення особистісних характеристик людини для удосконалення умов навчання, трудової діяльності; для оцінки прогнозу та ефективності лікування захворювань нервової системи.

У даному огляді розглянуто результати досліджень стосовно стабільних та динамічних властивостей функціональної спеціалізації півкуль та показано, що питання організації міжпівкульної

асиметрії у різних спеціалістів викликає значну зацікавленість та характеризується новими відкриттями.

ВИСНОВКИ

Особливість сприйняття зовнішнього світу, характер реагування та поведінки людини визначаються саме нерівнозначністю правої та лівої гемісфер мозку, поєднуючись з феноменом спеціалізації півкуль при здійсненні психофізіологічних функцій.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Агаджанян Н. А. Этический аспект адаптационной физиологии и заболеваемости населения / Н. А. Агаджанян, И. И. Макарова // *Экология человека*. – 2014. – № 3. – С. 3–13.
2. Меерзон Т. И. Функциональная асимметрия мозга и адаптация студентов к учебному процессу / Т. И. Меерзон, Е. Е. Лутовина // *Проблемы современного педагогического образования*. – 2018. – № 2. – С. 221–224.
3. Леутин В. П. Асимметрия мозга и адаптация человека / В. П. Леутин, Е. И. Николаева, Е. В. Фомина // *Асимметрия*. – 2007. – № 1 (1). – С. 71–73.
4. Функциональная асимметрия мозга: механика пространственной организации мозга человека / Н. К. Оконская, Т. А. Осечкина, М. А. Аликина [и др.] // *Российский журнал биомеханики*. – 2018. – Т. 22, № 2. – С. 253–265. DOI: 10.15593/RZhBiomeh/2018.2.09.
5. Нейронная организация корковых полей как показатель межполушарной асимметрии мозга мужчин и женщин / И. Н. Боголепова, Л. И. Малюфеева, А. В. Свешников [и др.] // *Асимметрия*. – 2017. – Т. 11, № 3. – С. 5–16.
6. Тамбиев А. Э. Межполушарная функциональная асимметрия у студентов технических и художественных специальностей / А. Э. Тамбиев, Е. В. Асланян // *Асимметрия*. – 2016. – Т. 10, № 1. – С. 24–37.
7. A meta-analysis of sex differences in human brain structure / A. N. Ruigrok, G. Salimi-Khorshidi, M. C. Lai // *Neurosci. Biobehav. Rev.* – 2014. – No. 39. – P. 34–50 DOI: 10.1016/j.neubiorev.2013.12.004 PMID: 24374381.
8. Функциональная межполушарная асимметрия мозга человека и слуховая функция / С. Ф. Вайтулевич, Е. А. Петропавловская, Л. Б. Шестопалова [и др.] // *Физиология человека*. – 2019. – Т. 45, № 2. – С. 103–114. DOI: 10.1134/S0131164619020127
9. Shaw M. How anatomical asymmetry of human auditory cortex can lead a rightward bias in auditory evoked fields / M. Shaw, M. Hämäläinen, A. Gutschalk // *NeuroImage*. – 2013. – Vol. 74. – P. 22–27.
10. Marked effects of intracranial volume correction methods on sex differences in neuroanatomical structures: a HUNT MRI study / C. W. Pintzka, T. I. Hansen, H. R. Evensmoen [et al.] // *Front. Neurosci.* – 2015. – No. 9. – P. 238–244. DOI:10.3389/fnins.2015.00238 PMID: 26217172.
11. Dopamine D4 receptor and serotonin transporter gene effects on the longitudinal development of infant temperament / K. Holmboe, Z. Nemoda, R. M. P. Fearson [et al.] // *Genes, Brain and Behavior*. – 2011. – Vol. 10. – P. 513–522.
12. Черемушникова И. И. Комплексное исследование адаптации к социальному стрессу лиц с различными типами функциональной асимметрии мозга / И. И. Черемушникова // *Асимметрия*. – 2015. – № 9 (3). – С. 31–64. DOI: 10.18454/ASY.2015.32.730.
13. Куликов В. Ю. Влияние функциональной асимметрии мозга на стратегию поведения индивида в стрессовой ситуации / В. Ю. Куликов, Л. К. Антропова, Л. А. Козлова // *Медицина и образование в Сибири*. – 2010. – № 5. – С. 25–38.
14. Psychiatric disorders and left-handedness in children living in an urban environment / D. D. Logue, R. T. Logue, W. E. Kaufmann [et al.] // *Laterality*. – 2015. – Vol. 20, No. 2. – P. 249–256.
15. Рожнова К. С. Особенности энергетического обмена мозга у подростков с различным уровнем физической активности в покое и при выполнении функциональных проб / К. С. Рожнова // *Асимметрия*. – 2010. – Т. 4, № 2. – С. 13–61.
16. Факторы, определяющие динамические свойства функциональной межполушарной асимметрии / В. Ф. Фокин, Н. В. Пономарева, М. В. Кротенкова [и др.] // *Асимметрия*. – 2011. – Т. 5, № 1. – С. 5–20.
17. Бегош Н. Б. Зміни біоелектричної активності головного мозку у осіб молодого віку під впливом зорових навантажень за комп'ютером / Н. Б. Бегош // *Здобутки клінічної і експериментальної медицини*. – 2012. – № 1(16). – С. 148–151.
18. Астащенко А. П. Изменения фронтальной функциональной асимметрии головного мозга в процессах смещения внимания к эмоциональным стимулам / А. П. Астащенко, Е. Г. Якимова, Е. В. Дорохов // *Вестник Волг ГМУ*. – 2019. – № 4 (72). – С. 49–52. DOI: 10.19163/1994-9480-2019-4(72)-49-52.
19. Павлович О. С. Особливості мозкового електрогенезу чоловіків і жінок із різним профілем слухової та мануальної асиметрії у стані функціонального спокою / О. С. Павлович, О. М. Абрамчук, А. Г. Моренко // *Молодий вчений*. – 2018. – № 2 (54). С. 450–453.

REFERENCES

1. Agadzhanjan NA, Makarova II. [Ethnic aspect of adaptive physiology and population morbidity]. *Ekologiya cheloveka*. 2014;3: 3-13. Russian.
2. Meerson TI Lutovina CE. [Functional asymmetry of the brain and adaptation of students to the educational process]. *Probl sovremen pedagog obrazovaniya*. 2018; 26: 221-4. Russian.
3. Leutin VP Nikolaeva EI, Fomina EV. [Brain asymmetry and human adaptation]. *Asimetriya*. 2007;1(1): 71-13. Russian.
4. Okonskaya NK, Osechkina TA, Alikina MA, Pepelyaeva TPh, Ivankin VYu, Ermakov MA. [Functional asymmetry of the brain: mechanics of the spatial organization of the human brain]. *Ros zh byomekhaniki*. 2018;22(2): 253- 65. DOI: 10.15593/RZhBiomeh/2018.2.09. Russian.
5. Bogolepova IN, Malofeeva LI, Sveshnikov AV, Lovchitskaya AO. [Neural organization of cortical fields as an indicator of interhemispheric asymmetry of the brain of men and women]. *Asimetriya*. 2017;11(3): 5-16. Russian.
6. Tambiev AE, Aslanyan EV. [Inter-hemispheric functional asymmetry in students of technical and artistic specialties]. *Asimetriya*. 2016;10(1): 24-37. Russian.
7. Ruigrok AN, Salimi-Khorshidi G, Lai MC. A meta-analysis of sex differences in human brain structure. *Neurosci Biobehav Rev*. 2014;39: 34-50 DOI: 10.1016/j.neubio-rev.2013.12.004 PMID: 24374381.
8. Vaitulevich SF, Petropavlovskaya EA, Shestopalova LB, Nikitin NI. [Functional hemispheric asymmetry of the human brain in audition]. *Fiziol chel*. 2019;45(2): 103-14. DOI: 10.1134/S0131164619020127. Russian.
9. Shaw M, Hämäläinen M, Gutschalk A. How anatomical asymmetry of human auditory cortex can lead a rightward bias in auditory evoked fields. *NeuroImage*. 2013;74: 22-7.
10. Pintzka CW, Hansen TI, Evensmoen HR, Haberg AK. Marked effects of intracranial volume correction methods on sex differences in neuroanatomical structures: a HUNT MRI study. *Front Neurosci*. 2015;9: 238-44. DOI:10.3389/fnins.2015.00238 PMID: 26217172.
11. Holmboe K, Nemoda Z, Fearson RMP, Sasvari-Szekely M, Johnson MH. Dopamine D4 receptor and serotonin transporter gene effects on the longitudinal development of infant temperament. *Genes, Brain and Behavior*. 2011;10: 513-522.
12. Cheremushnikova II. [A comprehensive study of adaptation to social stress in individuals with different types of functional brain asymmetry]. *Asimetriya*. 2015;9(3): 31-64. DOI: 10.18454/ASY.2015.32.730. Russian.
13. Kulikov VYu, Antropova LK, Kozlova LA. [Effect of functional brain asymmetry to adopt strategies of individual behavior in stressful situations]. *Meditcina i obrazovanie v Sibiri*. 2010;5: 25-38. Russian.
14. Logue DD, Logue RT, Kaufmann WE, Belcher HM. Psychiatric disorders and left-handedness in children living in an urban environment. *Laterality*. 2015;20(2): 249-56.
15. Rozhnova KS. [Peculiarities of energy brain exchange in adolescents with different level of physical activity in calm and with performance of functional tests]. *Asimetriya*. 2010;4 (2): 13-61. Russian.
16. Fokin VF, Ponomareva NV, Krotchenkova MV, Kononov RN, Tanashyan MM, Lagoda OV. [Factors determining the dynamic properties of functional interhemispheric asymmetry]. *Asimetriya*. 2011;5(1): 5-20. Russian.
17. Behosh NB. [Changes in the bioelectrical activity of the brain in young people under the influence of visual loads at the computer]. *Zdobut klin i eksperim med*. 2012;1(16): 148-51. Ukrainian.
18. Astashchenko AP, Yakimova EG, Dorokhov EV. [The frontal functional asymmetry changes of the brain in process of attentional bias to emotious stimulus]. *Vestnyk Volh HMU*. 2019;4(2): 49-52. DOI 10.19163/1994-9480-2019-4(72)-49-52. Russian.
19. Pavlovych OS, Abramchuk ON, Morenko AH. [Particular qualities of cortex electrogenesis of men and women with a different profile of auditory and manual asymmetry in the state of functional rest]. *Molodyi vchenyi*. 2018;2(54): 450-3. Ukrainian.

Отримано 15.02.21