

УДК 159.91

# ДОЗРІВАННЯ ГОЛОВНОГО МОЗКУ І ПСИХІЧНИЙ РОЗВИТОК ЛЮДИНИ\*

Ірина МАРУНЕНКО, кандидат біологічних наук, доцент, завідувач кафедри анатомії і фізіології людини Інституту людини Київського університету імені Бориса Грінченка;

Євгенія НЕВЕДОМСЬКА, кандидат педагогічних наук, доцент кафедри анатомії і фізіології людини Інституту людини Київського університету імені Бориса Грінченка

**П**роцес кортиколізації прямо співвідноситься зі встановленням у ході онтогенезу кірково-підкіркових відносин. Як правило, під цим розуміють уявлення про баланс активійних і гальмівних упливів (як генералізованих, так і локальних), що встановлюється між корою і підкіркою, а також стовбуrom мозку.

Під час обговорення походження латералізації розглядаються дві основні причини – генетична схильність і вплив середовища.

Відомо, що у формуванні асиметрії беруть участь:

- генетичні механізми, що формують парні органи і задають напрям асиметрії; існує низка генетичних моделей, що пояснюють походження міжпівкулевої асиметрії. Найбільшого розповсюдження набула теорія правобічної асиметрії М. Аннетт, яка пояснює походження мануальної і церебральної асиметрії існуванням домінантного гена правобічного зрушенні. За відсутності цього гена формування асиметрії відбувається під дією випадкових чинників середовища [12];

- незначні фізичні впливи середовища на ліву половину тіла, а отже, і на ліву півкулю мозку можуть надавати перевагу в темпах ембріонального розвитку. Однією з головних причин асиметрії може бути різний для лівої і правої половин тіла внутрішньоутробний вестибулярний досвід дитини, зумовлений специфічним положенням плоду в матці [17];

- пренатальні впливи середовища (стрес тощо), що спричиняють атипівість міжпівкулевої організації (зокрема, патологічну ліворукість);

- систематичні впливи середовища (культурні впливи), які сприяють функціональній спеціалізації півкуль;

- стохастичні впливи середовища, які спостерігаються з віком.

Перші два чинники визначають початковий характер асиметрії мозку, її спрямованість і домінантність однієї з півкуль у цілому. Оскільки сила дії генетичного латералізуючого чинника, мабуть, має певні обмеження, достатньо сильні пренатальні дії, наприклад стрес, можуть змінювати

спрямованість асиметрії у ході розвитку півкуль (повністю або частково в окремих структурно-функціональних ділянках мозку). З цієї самої причини культурні умови також можуть стимулювати розвиток асиметрії, насамперед під час встановлення ведучої руки.

Характер міжпівкулевих відносин в онтогенезі залежить від динаміки дозрівання мозолистого тіла, що з'єднує ліву і праву півкулі.

Оцінювати темпи дозрівання пропонується, наприклад, на основі динаміки розвитку трьох морфофункціональних показників скроневих відділів мозку. До цих показників належать: об'єм популяції нейронів, складність галуження нервових волокон і рівень синаптичної щільності на ранніх етапах дозрівання. Високий рівень розвитку передлічених ознак забезпечує адаптивні можливості й пластичність мозку [18].

Аналогічно цьому низькі адаптивність і пластичність пов'язують із зменшеною кількістю нейронів та їх зв'язків у нервовій тканині, а також із зменшеною синаптичною щільностю, що відображає повільне дозрівання.

Передбачається також, що індивідуальні особливості асиметрії у скроневій ділянці й перевага однієї з рук є предикторами темпів дозрівання ЦНС, так само як і майбутніх особливостей інтелекту (зокрема, співвідношення вербалного і невербалного його компонентів). Лівобічна асиметрія, праворукість і переважання лівої півкулі в забезпеченні когнітивних функцій створюють перевагу, що означає швидке раннє дозрівання. Правобічна асиметрія в ділянках зон мовлення, ліворукість і когнітивна перевага правої півкулі тлумачаться як прояви пізнього дозрівання. У цьому контексті зумовлені пізнім дозріванням і більш характерним для чоловічої статі відхилення від нормального ходу розвитку (ліворукість, дислексія в сукупності з правобічною асиметричністю й деякі інші регресивні ознаки) набувають змістової інтерпретації.

У зв'язку з цим популярною стала концепція Н. Гешвінда, відповідно до якої ембріональний тестостерон (чоловічий статевий гормон) впливає на темп зростання півкуль і відповідає за можливі відмінності між чоловічим і жіночим мозком. Згідно з

\*Закінчення. Початок див.: «Біологія і хімія в рідній школі». – 2015. – № 1.  
© Маруненко І. М., Неведомська Є. О., 2015

цією концепцією високий рівень тестостерону в період ембріогенезу мозку уповільнює темп розвитку лівої півкулі. Під дією тестостерону сповільнюється міграція нейронів до місця їх остаточного розташування, що, у свою чергу, призводить до пізнішого встановлення нервових зв'язків. Тестостерон є у плодах обох статей, але в чоловічої статі його концентрація набагато вища, тому в них сильніше, ніж у плодах жіночої статі, гальмується розвиток лівої півкулі. У результаті в чоловічому ембріогенезі створюються сприятливіші умови для розвитку правої півкулі з усіма наслідками [15].

Отже, окрім структури мозку (у лівій і правій півкулях, у передніх і задніх відділах мозку) дозрівають з різною швидкістю і на різних етапах онтогенезу. У результаті на кожній стадії мозок дитини має свою особливу «психофізіологічну архітектуру», яка, в свою чергу, визначає специфічні для даного віку умови і, певною мірою, можливості психічного розвитку. Узяті в сукупності закономірності дозрівання головного мозку за основними вимірюваннями представляють хронологічну послідовність виникнення фізіологічних умов психічного розвитку дитини.

У загальному вигляді онтогенез фізіологічних механізмів сприйняття розглядається як формування ієархічної взаємодії трьох структурних рівнів. Перший з них – рівень сенсорних «примітивів», або базисних сенсорних здібностей – частково є природженим, хоча його інтенсивне формування продовжується і в дитинстві під час дозрівання ЦНС. Прогресуючий розвиток базисних сенсорних здібностей впливає на формування другого ієархічного рівня – перцептивних презентацій, що включають інтеграційну оцінку об'єктів зовнішнього світу (сприйняття форми, положення об'єкта в просторі, константне сприйняття 1 ряд інших характеристик) [13].

У формуванні зорової перцепції в 1-й рік життя виокремлюють два етапи: перший від народження до 2 місяців пов'язують з реалізацією фіксованих програм поведінки, в яких виявляється готовність немовляти до сприйняття загальних перцептивних схем. Такий тип сприйняття забезпечується підкірковими структурами. Другий етап починяється з 2-місячного віку. Виникаюча в цьому віці здатність немовляти до деталізованого зорового аналізу і активного оволодіння перцептивним досвідом розглядається як початок функціонування кіркових зорових структур [11].

Функціонування третього структурного рівня, що умовно позначається як репрезентації вищого порядку, пов'язане з придбанням відповідних знань і навичок. Його основу становлять засвоєні в процесі розвитку когнітивні операції і мовне опосередковування перцептивного досвіду.

Формування механізмів пізнавальної діяльності пов'язане з розвитком системи перцептивних дій,

когнітивних операцій і мовного опосередковування. Так, до старшого дошкільного віку формуються дії, в основі яких лежить співвідношення з еталонами, що мають не конкретне, а загально-прийняті значення, що створює передумови для побудови адекватних образів будь-яких об'єктів незалежно від специфічних умов їх сприйняття. Саме до цього віку досягають необхідної зрілості відповідні асоціативні зони в задніх відділах кори великих півкуль [2].

Відомо, що найскладніші види перцептивної діяльності здійснюються за безпосередньою участі фронтальних зон кори великих півкуль, дозрівання яких, як було показано вище, продовжується аж до періоду юності.

Л. С. Виготський виділив на 1-му році життя дитини три стадії розвитку моторики і поведінки відповідно до послідовності дозрівання стріопалідарної системи підкірки (перші дві стадії) і дозрівання кори великих півкуль (третя стадія) [3].

Проте якнайповніше проблему ієархічної організації рухів людини в контексті активної пристосованої поведінки було розроблено в працях видатного вітчизняного фізіолога М. О. Бернштейна. Він розробив теорію рівнів побудови рухів. Причому під рівнями він розумів морфологічні відділи нервової системи: спинний і довгастий мозок, підкіркові центри і кору великих півкуль. Кожному рівню відповідає свій тип рухів. Всього М. О. Бернштейн виділив п'ять рівнів: А, В, З, Д, Е [14].

1. Рівень А – еволюційно найбільш стародавній і який дозріває раніше за інші. У людини він не має самостійного значення, але визначає м'язовий тонус і бере участь у забезпеченні будь-яких рухів спільно з іншими рівнями. Є деякі форми рухової активності, що здійснюються лише за рахунок даного рівня (до їх числа належать мимовільні примітивні рухи, наприклад тремтіння пальців, стукіт зубів від холоду). Цей рівень починяє функціонувати з перших тижнів життя новонародженого.

2. Рівень В – таламопалідарний, забезпечує перероблення сигналів від м'язово-суглобових рецепторів, які повідомляють про взаємне розташування частин тіла. Рівень бере участь в організації складних рухів. Це можуть бути довільні рухи обличчя і тіла – міміка і пантоміміка, вільна гімнастика та ін. Рівень В починяє функціонувати вже на другому півріччі життя дитини.

3. Рівень З визначається як рівень просторового поля, або піраміdalno-стріальний рівень. На цей рівень надходить інформація про стан зовнішнього середовища від екстерорецептивних аналізаторів. Тому він відповідає за побудову рухів, пристосованих до просторових властивостей об'єктів, – до їх форми, положення, маси та інших особливостей. Серед них – всі види локомоції

(переміщення), тонка моторика рук та інші. Це рівень, у забезпеченні якого разом з підкірковими структурами бере участь кора. Тому його дозрівання, починаючись дуже рано – на 1-му році життя, триває впродовж всього дитинства і навіть юності.

4. Рівень Д – рівень предметних дій. Він функціонує за обов'язкової участі кори (тім'яних і премоторних зон) і забезпечує організацію дій з предметами. Це специфічно людський рівень організації рухової активності, оскільки до нього належать усі види маніпуляторних рухів. Характерна особливість рухів цього рівня полягає в тому, що вони не тільки враховують просторові особливості, а й узгоджуються з логікою використання предмета. Це вже не тільки рухи, але значно більшою мірою дії, тому що використовувані при цьому моторні програми складаються з гнучких взаємозамінних ланок. Оскільки цей рівень забезпечується узгодженою активністю різних зон кори, його функціональні можливості визначатимуться динамікою дозрівання як самих зон, так і віковими особливостями міжзональної взаємодії.

5. Рівень Е – вищий рівень організації руху, забезпечує інтелектуальні рухові акти: роботу апарату артикуляції у звучній мові, рухи руки під час письма, а також рухи символічної або кодованої мови (мова жестів глухонімів, азбука Морзе). Нейрофізіологічні механізми цього рівня забезпечуються вищими інтеграційними можливостями кори великих півкуль, тому дозрівання кори, як і в попередньому випадку, має вирішальне значення для його функціонування.

Отже, є всі підстави вважати, що розвиток рухів, відповідних кожному рівню, стає можливим в онтогенезі в міру морфофункционального дозрівання відділів мозку, що забезпечують ці рухи. Проте було б неприпустимим спрощенням вважати, що дозрівання само по собі забезпечить оволодіння рухами даного рівня. Дозрівання лише створює умови, що їх дитина реалізує або не реалізує. Останнє залежить від чинників, які безпосереднього відношення до рухової сфери не мають.

Більш того, дозрівання кожного рівня, безумовно, залежить від того, наскільки послідовно відбувається його формування в поведінковій активності. Важливим механізмом реалізації рухової активності є механізм зворотного зв'язку. За рахунок зворотного зв'язку формуються всі форми довільної рухової активності. Розвиток рухової сфери в онтогенезі здійснюється в результаті формування локомоторних функціональних систем на основі процесів системогенезу й відбувається в напрямку від простих універсальних рухів рівнів А і В до високодиференційованих маніпулятивних рухів рівня Е, що має соціокультурне походження.

Відомо, що в дорослої людини морфофункциональним субстратом, що забезпечує вияв емоцій

та емоційну регуляцію поведінки, є стародавні підкіркові утворення (лімбічна система), і разом з цим щонайпізніше формуються в еволюції й онтогенезі фронтальні утворення головного мозку.

З моменту народження дитина демонструє емоційну експресію, причому в її поведінці переважають негативні емоційні прояви. Їх сигнальна функція здається очевидною. Вона є одним із механізмів адаптивної поведінки. Негативні емоції більшою мірою пов'язані з діяльністю правої півкулі, а права півкуля, принаймні до 2 років, у своєму дозріванні випереджає ліву.

Аналізуючи розвиток емоційної сфери людини в онтогенезі, В. В. Лебедінський із співавторами виокремив чотири рівні афектного контакту із середовищем – складові одної складнокоординованої структури базальної афектної організації [4].

1. Рівень польової реактивності; найбільш примітивний механізм регуляції взаємодії з навколошнім світом. Він реагує тільки на інтенсивність дії і організовує найпасивніші форми поведінки. Афектне орієнтування на цьому рівні спрямоване на оцінку кількісних характеристик дії довкілля.

2. Рівень експансії; є подальшим ступенем розвитку емоційного контакту із середовищем; починає проявлятися в другому півріччі життя і пов'язаний з активним освоєнням навколошнього середовища; на цьому рівні виділяються не тільки об'єкти бажання, а й перешкоди, які оцінюються вже не самі по собі, а в загальній структурі аналізу ситуації; негативні враження, перешкоди стають приводом для запуску дослідницької поведінки; самі перешкоди набувають тут не тільки негативного, а й позитивного забарвлення, оскільки сприяють отриманню дитиною інформації про свої можливості; орієнтація в ситуації перетвориться на орієнтацію власних можливостей; завдання третього рівня – оволодіння змінним середовищем. Тут формується афектна потреба в ризику, подолання небезпеки.

3. Рівень емоційного контролю; відповідає за вирішення складних етологічних завдань організації життя індивіда в суспільстві; завдання цього рівня – налагодження емоційної взаємодії з іншими людьми, розробка способів орієнтування в їхніх переживаннях, формування правил, норм взаємодії з ними; можливість довільно змінювати сприйняття навколошнього світу дає змогу максимально активізувати й поглибити контакти дитини зі світом.

4. Четвертий рівень стабільно забезпечує адекватну реакцію на інших людей, що є основою виникнення емоційного контролю над своєю поведінкою.

З погляду авторів цієї концепції, всі рівні афектної організації є природженими, але функціонувати вони починають не одночасно. Порядок їх вклю-

чення в ранньому онтогенезі визначається необхідністю виконання різних етологічних завдань, що закономірно постають у міру психофізіологічного дозрівання дитини, і він не збігається з викладеною вище послідовністю їх ускладнення [4].

С. Морган зробив спробу зіставити вікову динаміку морфофункционального дозрівання мозку і стадій інтелектуального розвитку, виділених у теорії Ж. Піаже. Спираючись на представлення А. Р. Лурії, він виокремив п'ять стадій дозрівання мозку. Першу з них він пов'язує з формуванням блоку глибоких структур мозку, відповідальних за забезпечення активаційних процесів кори великих півкуль. Цей блок морфологічно і функціонально оформляється впродовж 1-го року життя; його нормальне функціонування є обов'язковою умовою повноцінного інтелектуального розвитку [16].

Друга стадія пов'язана з дозріванням первинних проекційних зон (зорової, слухової, соматосенсорної й рухової). Ці зони морфологічно дозрівають до моменту народження і протягом 1-го року життя починають успішно функціонувати. Їх повноцінне функціонування створює умови для реалізації сенсомоторної стадії розвитку. Третя стадія дозрівання здійснюється в період від 2 до 5 років. Вона пов'язана з дозріванням вторинних зон кори; їх функціонування створює умови для повноцінного розвитку окремих видів сприйняття й навчання. У інтелектуальному розвитку цей період відповідає доопераційному періоду в класифікації Ж. Піаже. Переход дитини на стадію конкретних операцій Морган пов'язує з дозріванням асоціативних третинних кіркових зон у задніх відділах кори (блок прийому, зберігання й переробки інформації). Остання, п'ята, стадія дозрівання пов'язана з досягненням зрілості третинними зонами блоку програмування поведінки – фронтальними зонами. Найбільш інтенсивне їх дозрівання відбувається у віці від 6 до 8 років, продовжується аж до 12 років і створює умови для переходу на стадію формальних операцій.

Ця модель дає змогу показати, як пов'язані новоутворення в розумовому розвитку дитини й чітко окреслені етапи дозрівання мозку. Проте щодо неї можна висловити кілька критичних зауважень. По-перше, сама концепція Піаже не вичерпує всіх аспектів розумового розвитку і неодноразово зазнавала і зазнає критичного перегляду; по-друге, терміни дозрівання структур мозку, що зіставляються, як було показано вище, в реальності можуть бути іншими; по-третє, в цій концепції не враховуються вікові особливості міжпівкулевих відносин.

Таким чином, співвідношення морфофункционального дозрівання мозку і психічного розвитку є багатогранними. При цьому різні види патології дають змогу виокремити лише деякі грани цьо-

го співвідношення. Більш того, порушення нормального ходу онтогенезу самим фактом свого існування свідчать про те, що є властиві всім здоровим дітям закономірності дозрівання, що забезпечують умови для повноцінного психічного розвитку.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Анохин П. К. Очерки по физиологии функциональных систем. – М. : Медицина, 1975.
2. Венгер Л. А., Ибатуллина А. А. Соотношение обучения, психического развития и функциональных особенностей созревающего мозга // Вопр. психологии. – 1989. – № 20 – 27.
3. Выготский Л. С. Проблема возраста // Собр. соч. в 6 т. – Т. 4. – М. : Педагогика, 1984.
4. Лебединский В. В., Никольская О. С., Боенская Е. Р., Либлинг М. М. Эмоциональные нарушения в детском возрасте и их коррекция. – М. : МГУ, 1990.
5. Лурия А. Р. Функциональная организация мозга // Естественнонауч. основы психологии / под ред. А. А. Смирнова, А. Р. Лурии, В. Д. Небылицына. – М. : Педагогика, 1978.
6. Маруненко І. М. Анатомія, фізіологія, еволюція нервової системи : навч. посіб. для студ. вищ. пед. навч. закл / І. М. Маруненко, З. Ф. Сіверс, В. І. Бобрицька, Є. О. Неведомська. – К. : КМПУ, 2007. – 122 с.
7. Марютіна Т. М. Введение в психофизиологию : учеб. пособие / Т. М. Марютіна, О. Ю. Ермолаев. – 5-е изд. – М. : МПСИ: Флінта, 2007. – 400 с.
8. Мозг и поведение младенца / под ред. О. С. Адрианова. – М. : РАН ИП, 1993.
9. Морфология человека / под ред. Б. А. Никитюка, В. П. Чтецова. – М. : МГУ, 1990. – 342 с.
10. Основы психофизиологии / под ред. Ю. И. Александрова. – М. : Инфра, 1998.
11. Сергиенко Е. А. Антиципация в раннем онтогенезе человека. – М. : Наука, 1992.
12. Annet M. The right-shift theory of a genetic balanced polymorphism for cerebral dominance and cognitive processing // Current Psychology of Cognition. – 1995. V. 14. – N 5. – P. 427 – 480.
13. Aslin R. N., Smith L. B. Perceptual Development // Ann. Rev. Psychol. – 1988. – V. 39. – P. 435 – 475.
14. Bornstein M. H., Sigman M. D. Continuity in mental Development from Infancy // Child Devel., 1986. – V.57. – P. 251 – 27.
15. Geschwind N., Behan P. Left-handedness: association with immune disease, migraine and developmental learning disorder // Proc. National. Acad. Sci. (USA). – 1982. – V. 79. – P. 5097 – 5100.
16. Morgan S. V. Luria's model of functional systems and its relationship to Piage's theory // Cognitive Approaches to Neuropsychology. Eds. J. M. Williams, Ch.J.Long. – New York : Plenum Press, 1988. – P. 211 – 228.
17. Previc F. H. A general theory concerning the prenatal origins of cerebral lateralizations in humans. Psychological Review. – 1991. – V. 98. – P. 299 – 344.
18. Saugstad L. F. Cerebral Lateralisation and rate of maturation // International Journal of Psychophysiology. – 1998. – V. 28. – N 1. – P. 37 – 62.
19. Spear L. P. The adolescent brain and age-related behavioral manifestations // Neuroscience and Biobehavioral Reviews. – 2000. – V. 24. – Issue 4. – P. 417 – 463.