

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

Анотація. В статті розглянуто співвідношення морфофункціонального дозрівання мозку і психічного розвитку людини; вплив статевих гормонів на формування структур мозку; послідовне формування функціональних систем різних рівнів організації у напрямі від універсальних загальних до індивідуальних, що відображає конкретний досвід і який набуває людина в результаті специфічного впливу середовища і навчання.

Ключові слова: нервова система, відділи головного мозку, кора півкуль головного мозку, рівні за Бернштейном, психічний розвиток.

Ірина МАРУНЕНКО, Евгения НЕВЕДОМСКАЯ

ДОЗРЕВАНИЕ ГОЛОВНОГО МОЗГА И ПСИХИЧЕСКОЕ РАЗВИТИЕ ЧЕЛОВЕКА

Аннотация. В статье рассмотрены соотношения морфофункционального созревания мозга и психического развития человека; влияние половых гормонов на формирование структур мозга; последовательное формирование функциональных систем разных уровней организации в направлении от универсальных общих к индивидуальным, что отображает конкретный опыт и который приобретает человек в результате специфического влияния среды и обучения.

Ключевые слова: нервная система, отделы головного мозга, кора полушарий головного мозга, уровни за Бернштейном, психическое развитие.

Irina MARUNENKO, Evgenia NEVEDOMSKA

MATURATION OF THE BRAIN AND MENTAL HUMAN DEVELOPMENT

Summary. The article deals with the relation of morphofunctional maturation of the brain and mental human development; also the effect of sex hormones on the formation of brain structures are looked through. Successive formation of functional systems at different levels of organization in the direction of universal common to the individual that displays specific experience and which inherits the person as a result of specific environment and learning.

Keywords: nervous system, cortex cerebral hemispheres, cortex of the brain hemispheres, mental development.

Нервова система розвивається із зовнішнього зародкового листка – *ектодерми*, або *ектобласта*. Наприкінці третього тижня розвитку ектодерма зародка починає потовщуватись уздовж первісної смужки і закладки хорди. Це потовщення називається *нервовою пластинкою*. Незабаром вона заглиблюється через нерівномірний ріст клітин у *нервовий жолобок*. Краї жолобка піднімаються догори, утворюючи нервові валки. У передньому відділі жолобка нервові валки значно більші, ніж посередині і ззаду, і це вже є початковим розвитком головного мозку. У тритижневого

зародка це вже добре помітно. Нервові валки, збільшуючись, поступово зближуються між собою і, нарешті, сходяться і замикаються, утворюючи *нервову трубку*. Оскільки валок складається з медіальної (серединної) частини – клітин нервового жолобка і латеральної (бічної) – клітин незміненої ектодерми, то медіальні пластинки зростаються між собою, замикаючи нервову трубку, а латеральні утворюють суцільну ектодермальну пластинку, яка спочатку прилягає до нервової трубки. Пізніше нервова трубка заглиблюється і втрачає зв'язок з ектодермою, а ця остання зростається над нею.

Передній кінець нервової трубки розширюється і утворює три послідовно розташовані первісні мозкові пухирі, розділені невеликими перехватами, а саме: **передній мозковий пухир**, **середній ромбоподібний**. Ці три пухирі являють собою закладку всього головного мозку. Вони не лежать в одній площині, а дуже вигнуті, причому утворюється три вигини. Деякі з них з подальшим розвитком зникають. Більш стійким виявляється вигин в області середнього пухиря, який називається **тім'яним вигином**. На кінець четвертого тижня розвитку з'являються ознаки майбутнього поділу переднього і заднього пухирів. На шостому тижні розвитку є вже п'ять мозкових пухирів. Передній пухир поділяється на **кінцевий мозок** і **проміжний мозок**, середній пухир не поділяється, а ромбоподібний пухир поділяється на **задній мозок** і **довгастий мозок**. У кінцевому мозку утворюються два бічних вирости, з яких походять півкулі великого мозку. З бічних стінок проміжного пухиря утворюються зорові горби, з його дна – сірий горб з лійкою і задня частина гіпофіза, а з задньої стінки – **епіфіз**. Із середнього мозку утворюються ніжки мозку і чотиригорбикове тіло. У задньому мозку розрізняють **закладку мозочка**. Із черевних стінок заднього мозку утворюється закладка варолієвого моста, а з бічних – ніжки мозочка до моста.

Порожнини мозкових пухирів перетворюються на шлуночки сформованого мозку. Порожнини виростів кінцевого мозку утворюють два бічні шлуночки. З порожнини проміжного мозку походить третій шлуночок. Найменше розвивається

порожнина середнього мозку, утворюючи сільвіїв водопровід, а з порожнини всього ромбоподібного пухиря утворюється четвертий шлуночок. Спинний мозок залишається трубчастим на все життя. Лише протягом ембріонального розвитку стінки настільки потовщуються в бічних своїх частинах, що сходяться, залишаючи між собою передню серединну щілину і задню серединну борозну. Порожнина трубки залишається дуже маленькою, з неї походить центральний канал спинного і довгастого мозку [6].

Кінцевий мозок проходить ще три стадії розвитку. На першій стадії він дає початок нюховим долям, гіпокампу («морському конику») та іншим структурам, утворюючи лімбічну систему. На другій стадії відбувається потовщення стінок переднього мозку. З них формуються базальні ганглії, що відіграють важливу роль у здійсненні функцій руху, а також мигдалеподібне ядро, яке стає важливим центром контролю адаптивних реакцій організму. Третя стадія розвитку кінцевого мозку включає формування кори великих півкуль.

В ході статевого диференціювання гормони модифікують структури дозріваючого організму і, зокрема, мозку, визначаючи програму майбутньої статевої поведінки. Чоловічі статеві гормони, андрогени і головний з них — тестостерон, впливає на організм, що росте. Жіночі статеві гормони — естрогени — відповідають за фемінізацію організму, що розвивається.

На ранніх стадіях статеві гормони впливають на формування цілого ряду структур мозку (гіпоталамуса, гіпокампу, мигдалеподібного тіла та

інших структур). Внаслідок статевого диференціювання мозку є різна для чоловічої і жіночої статі чутливість ЦНС до гормональних впливів і різна реакція на ці впливи, тобто фемінізація або маскулінізація мозку, що забезпечує нейроендокринну схильність до поведінки на пізніших етапах розвитку.

Один з головних морфологічних показників дозрівання ЦНС — вага мозку дитини — при народженні складає 12% від ваги тіла, у дорослих — 2,5%. Відповідно, при середній вазі новонародженого 3200 г він дорівнює 400 г. До кінця першого року життя вага мозку зростає в 2 — 2,5 разу, до двох — трьом рокам майже в 3 рази [9].

У клінічній неврології при інтерпретації функцій різних відділів мозку використовують уявлення, що спираються на біогенетичний закон, відповідно до якого дозрівання ЦНС здійснюється в послідовності, що відображає еволюційне минуле людини як біологічного вигляду. Ілюструє це положення схема П. Макліна.

За цією схемою в мозку людини виділяють три відділи: стародавній мозок рептилій, стародавній мозок ссавців і новий мозок ссавців. Перший відділ (стовбур мозку, проміжний мозок, базальні ганглії) контролює стереотипні, переважно природжені поведінкові акти і інстинкти, що мають велике значення для виживання. Цьому відділу не властива функціональна пластичність, і він може забезпечувати життєдіяльність лише в певних умовах навколишнього середовища. Стародавній мозок ссавців вісцелярний, включає лімбічну систему. Цей відділ, будучи тісно пов'язаний з емоційно-споживчою

сферою, забезпечує видоспецифічні патерни поведінки ссавців, які мають визначену ступінь гнучкості. Третій відділ (новий мозок, утворений неокортексом) відповідає за формування концепцій і схем поведінкових актів. Саме цей відділ відповідає за прогнозування і вносить зміни в «консервативні» програми поведінки. Фактично він є органом індивідуальної адаптації.

Схема Макліна носить достатньо загальний характер і приймається не всіма фізіологами, але вона дозволяє виявити одну з головних тенденцій дозрівання мозку в онтогенезі і пояснити природу адаптивних можливостей дитини на ранніх етапах онтогенезу. Відповідно до цих уявлень, в онтогенезі в першу чергу дозрівають структури стовбура мозку, що забезпечують гомеостатичну регуляцію життєдіяльності організму. Крім того, до їх функцій відноситься забезпечення тонізуючих і модулюючих впливів на різні рівні ЦНС, формування біологічних потреб, спонукаючих організм до дії (голод, спрага і ін.), а також емоцій, що сигналізують про успіх або невдачу в задоволенні цих потреб.

П.К. Анохін (1975) сформулював уявлення про ізоморфність ієрархічних рівнів. Воно полягає в тому, що всі рівні в структурно-функціональній організації ЦНС представлені функціональними системами і, незалежно від рівня, системоутворюючим чинником для всіх цих систем є корисний результат пристосування [1]. Чинником, що визначає структурну організацію рівнів, їх впорядкованість є історія розвитку. Під цим розуміють процес перетворення послідовності стадій

розвитку в рівні організації. Відповідно цьому положенню функціональні системи, що забезпечують життєдіяльність і поведінку, одночасно співіснують і взаємодіють функціонально на різних рівнях організації і різного віку (еволюційного і індивідуального) [10].

Таким чином, даний підхід дозволяє розглядати розвиток поведінки як послідовне формування (консолідацію) функціональних систем різних рівнів організації в напрямі від універсальних загальних (властивих не тільки людям, але і вищим тваринам) до індивідуальних, що відображає конкретний досвід, що набуває людиною або твариною в результаті специфічних дій середовища і навчання.

Психофізіологічною основою вищих психічних функцій є мозкові функціональні системи, що включають велике число аферентних і еферентних ланок, що мають вертикальну (кірково-підкіркову) і горизонтальну (кірково-кіркову) організацію.

Частина ланок функціональних систем закріплена за певними ділянками мозку, інші мають високу пластичність і можуть замінювати один одного. Таким чином, кожна психічна функція є результатом системної діяльності мозку. При цьому різні відділи мозку вносять до їх формування диференційований внесок.

Відомо, що при дозріванні мозку діє принцип гетерохронності. Тому при вивченні мозкових механізмів, які забезпечують психічний розвиток, вирішальне значення набуває аналіз послідовності морфофункціонального дозрівання

основних блоків. До цієї проблеми існують різні підходи.

Найбільш загальний підхід пропонує розглядати психофізіологічне дозрівання головного мозку в трьох вимірюваннях: вертикальному, горизонтальному і латеральному. Вертикальна вісь характеризує динаміку дозрівання в напрямі від підкіркових структур до кори великих півкуль, горизонтальна вісь дозволяє порівняти динаміку дозрівання «задніх» і «передніх» відділів кори. Латеральне вимірювання передбачає аналіз послідовності і ефектів дозрівання лівої і правої півкулі.

Відповідно до принципу гетерохронності розвитку кожне з цих вимірювань має власну динаміку психофізіологічного дозрівання. Проте мозок на всіх етапах онтогенезу працює як ціле, тому віковій особливості його функціонування на кожній стадії розвитку слід розглядати як результат гетерохронного дозрівання за трьома перерахованими координатами.

Найбільша визначеність в даний час існує в оцінці психофізіологічного дозрівання за вертикальним вимірюванням. В онтогенезі філогенетично раніше дозрівають стародавні підкіркові структури головного мозку, оскільки саме в цих структурах локалізуються найголовніші центри (дихання, кровообігу, регуляції циклів сну і неспання і т.д.), що забезпечує можливість ефективної адаптації немовляти до навколишнього середовища. Більшість з них, на відміну від кори великих півкуль, є вже достатньо зрілими до моменту народження і завершують своє

дозрівання в перші роки життя дитини.

Кора великих півкуль відіграє найголовнішу роль у забезпеченні вищих психічних функцій людини. У найзагальнішому вигляді — це прийом і остаточна переробка інформації і організація на цій основі складних форм поведінки, причому перша з цих функцій пов'язана переважно з діяльністю «задніх» відділів кори, а друга — з діяльністю «передніх».

Генеральною лінією розвитку мозку дитини в подальшому онтогенезі є так звана кортиколізація функцій, тобто поступове перенесення основних центрів, регулюючих поведінку і психіку дитини в дозріваючу кору великих півкуль. Не виключено, що саме така організація мозкових механізмів психіки і поведінки відповідає за те, що показники розумового розвитку дітей перших двох років життя мало корелюють з показниками розумового розвитку тих же дітей на пізніших етапах розвитку, наприклад, в 5 — 6 років. Іншими словами, за рівнем розумового розвитку дитини в перші два роки життя важко передбачити, яким буде його інтелект в старшому дошкільному і шкільному віці [14].

Дозрівання окремих ділянок кори великих півкуль відбувається з різною швидкістю і досягає остаточної зрілості в різні періоди онтогенезу. У горизонтальному вимірюванні, як правило, окремо розглядають динаміку психофізіологічного дозрівання таких блоків, як передні і задні відділи. Кожний з них, у свою чергу, складається з більш дрібних високодиференційованих частин, які називають зонами, або ділянками, кори.

Відомо, що задні відділи кори виконують функції сприйняття, збереження і переробки інформації і цим завданням підпорядкована їх структурна організація. У ці відділи входять: первинні зони (проекційні зони аналізаторів, зокрема, зорового), в яких відбувається проста обробка зовнішніх сигналів; вторинні зони, в яких відбувається складніша обробка сигналів, наприклад, порівняння поточної інформації із змістом пам'яті; третинні зони, в яких відбувається остаточне завершення формування образів на базі міжсенсорної взаємодії.

За морфологічними показниками, у всіх ділянках кори головного мозку дозрівання найбільш високе в 1-й рік життя. Далі дозрівання кори поступово сповільнюється, припиняючись в проекційних полях до трьох років, а в асоціативних — до семи.

Первинні соматосенсорні, а також рухові зони кори дозрівають раніше, ніж проекційна зона зорового аналізатора. Підтвердженням останнього є також відносно велика зрілість соматосенсорного викликаного потенціалу новонароджених і немовлят в порівнянні із зоровими викликаними потенціалами тих же дітей [8].

Незалежно від відмінностей у встановленні термінів дозрівання всі дослідники єдині в такому:

- найбільший прогрес в морфофункціональному дозріванні зон кори спостерігається протягом перших років життя, далі темпи дозрівання помітно знижуються;
- дозрівання йде від первинних проекційних зон до вторинних і від них до третинних асоціативних зон.

Така спрямованість процесів дозрівання пояснює, по-перше, обмежені пізнавальні можливості дітей на ранніх етапах онтогенезу, по-друге, поступовий характер формування механізмів пізнавальної діяльності дитини.

Передні відділи кори А.Р. Лурія називав блоком програмування, регуляції і контролю складних форм діяльності. Цей блок не містить модально-специфічних зон, що представляють окремі екстероцептивні аналізатори, а включає зони, які керують руховою активністю. Найбільш важливим відділом блоку є так звані префронтальні зони, саме вони відносяться до третинних відділів мозку і відіграють вирішальну роль у формуванні намірів і програм. В дитинстві ці відділи кори є найбільш незрілими і перший стрибок у їх дозріванні спостерігається у 3,5—4 роки, коли темпи дозрівання площі лобових доль різко підвищуються. Другий стрибок дозрівання спостерігається у 7—8 років, коли виникає здатність до довільної регуляції психічних функцій і

поведінки, і завершення дозрівання фронтальних ділянок спостерігається під час статевого дозрівання [5].

Дослідження, виконані за допомогою ядерно-магнітного резонансу, показали, що у фронтальних ділянках мозку в період статевого дозрівання спостерігається різке посилення дозрівання сірої речовини мозку, що нагадує за рядом ознак надмірне дозрівання і надпродукцію синапсів у ранньому віці. Після чого настає період спаду і елімінації надмірного числа синапсів. Оскільки синапси стабілізуються під дією чинників довкілля, а підлітки (на відміну від дітей раннього віку) самі формують своє середовище, у такий спосіб вони можуть в значній мірі вплинути на формування власного мозку. Динаміка, описана вище, мабуть, характерна не тільки для фронтальних зон кори, але і для інших асоціативних відділів мозку. Відмінності між зонами полягають в термінах, коли спостерігається надмірне зростання і подальша елімінація міжнейронних контактів [19].

(Далі буде)