

*К.О. Малишева*

## **НЕЙРОАНАТОМІЧНІ КОРЕЛЯТИ МОЗКОВИХ ФУНКЦІЙ ПРОГРАМУВАННЯ, РЕГУЛЯЦІЇ ТА КОНТРОЛЮ ПОВЕДІНКИ**

*У статті узагальнюються сучасні дані стосовно мозкових структур, залучених до виконання функцій управління поведінкою. Запропонований О.Р. Лурією в середині минулого століття функційний розподіл мозку на три блоки із відповідними анатомічними складовими, де вище місце посідає блок програмування, регуляції та контролю поведінки, доповнюється нещодавніми відкриттями, отриманими за допомогою застосування технік нейровізуалізації. Особливе значення у даному дослідженні надається підкірковим структурам, зокрема паралімбічному сектору, базальним гангліям та ядрам таламусу, що підкріплюють комплекс екзекутивних функцій мозку.*

**Ключові слова:** *нейроанатомія, префронтальна кора, паралімбічна зона, функції програмування, регуляції та контролю поведінки.*

**Актуальність дослідження.** Останні декади ХХ – початок ХХІ століття характеризуються бурхливим розвитком наук про мозок: неврології, нейропсихології, нейрофізіології, нейропсихіатрії. Моделі, що пояснюють закономірності роботи мозку виходять за межі вузько-спеціальної проблематики, впливаючи не тільки на суміжні галузі знання, але й на широке коло суспільних, культурних явищ. Неврологія намагається пояснити сутність індивідуально-психологічних відмінностей, гендерні особливості поведінки, розкрити механізми творчості, інтуїції, лідерства, процесу прийняття рішень, сягаючи, навіть, питань нейробиології моралі та свободи волі. Міркуючи над окресленими питаннями, вчені не можуть залишити поза увагою лобні ділянки мозку: ту частину, яка набувши еволюційного розвитку, зробила людину людиною. З лобними ділянками пов'язують людську самобутність, особистісні риси, плани на майбутнє, амбіції, вибірковість, спонтанність, артистизм та почуття гумору. Цей перелік не є вичерпним. Однак найбільш ґрунтовним чином «лобні» функції концептуалізуються в моделі структурно-функційних блоків мозку О.Р. Лурії, де окреслені здібності узагальнюються у межах третього блоку – програмування, регуляції та контролю поведінки. В сучасній західній нейропсихології використовується еквівалентний термін: «екзекутивні» чи «управлінські» функції (англ. – “executive functions”), змістове поле якого майже перекривається з лурієвським функційним блоком, що анатомічно пов'язаний з префронтальною корою. Відмінною рисою цього блоку, з точки зору особливостей мозкової організації, виступає проведення процесів збудження від третинних зон до вторинних, і далі – до первинних, а також відсутність модально-специфічних зон, наявність розгалужених двосторонніх зв'язків з іншими кірковими відділами великих півкуль, а також всіма іншими мозковими утвореннями, включаючи стовбурові [2].

**Метою** нашого дослідження є узагальнення існуючих даних стосовно

нейроанатомічних корелятив мозкових функцій програмування, регуляції та контролю поведінки в контексті нещодавніх відкриттів за допомогою сучасних методів нейровізуалізації.

Порівняльно-анатомічні дослідження мозку виявили значну «експансію» лобних ділянок у вищих тварин. У людини ця частина мозку посідає приблизно одну третину загального обсягу великих півкуль [3].

Лобні ділянки можна умовно поділити на такі функційні зони: моторні та премоторні відділи, паралімбічний сектор та гетеро модальна асоціативна кора.

Моторні та премоторні відділи (зони 4 та 6 за Бродманном), включаючи додаткову моторну зону (серединний аспект зони 6), фронтальне очне поле та додаткове очне поле ( проміжок між зонами 4, 6, 8) та частини зони Брока (44 зона за Бродманном). Моторна кора містить первинні зони, «ядро» рухового аналізатору. Вона бере участь у розгортанні і забезпеченні рухів у реальному часі. Її ураження призводить до порушення дрібної моторики, здатності до диференційованих рухів окремих пальців, до втрати сили та швидкості рухів у контрлатеральних кінцівках [3]. У медіальній частині додаткової моторної кори міститься центр пригнічення сечовипускання. Цікаво, що серед ранніх ознак соціопатичної психопатології, в етіології якої вбачають ознаки гіпофронтальності (недорозвинення лобних ділянок) є симптом нетримання сечі (так звана триада МакДоналда [8])

Премоторна кора, в свою чергу, обирає слухні дії та проводить їх уявно «репетицію», її латеральна частина залучена до підготовки «реактивної» поведінки (у відповідь на зовнішній подразник), а медіальна реалізує спонтанну поведінку (за власним задумом). Ураження премоторної кори призводить до порушення здатності виконувати складні послідовності рухів (наприклад – віртуозно грати на музичному інструменті). Білатеральне ушкодження цієї частини мозку загрожує вираженою апраксією, ускладнюються не тільки рухи, але й будь які послідовності мимічних, мовних проявів. Іннервація обличчя навіть частіше порушується, ніж звичайна рухова активність [6].

Фронтальне очне поле містить ядро рухового аналізатору, що керує рухами голови й очей (частіше у відповідь на стимули з середовища), а додаткове очне поле спрямовує спонтанні рухи голови й очей, а також містить центр письмової мови. При ушкодженні може страждати не тільки здатність виконувати довільні рухи головою та очима, втрата деяких нейронних комплексів призводить до того, що інформація про те, що тіло починає рухатись, перестають надходити з лобних ділянок до сенсорної системи (це необхідно, щоб зберігалась константність сприйняття оточуючого світу – «я рухаюсь, а світ залишається стабільним») [6]. Крім того, цей відділ також є частиною обширної функційної системи, що сканує навколишнє середовище у пошуках стимулів, що характеризуються новизною чи мають мотиваційне значення [9]. Зона Брока являє собою центр експресивного мовлення. Її ураження клінічно проявляється як афазія Брока: олігофазія, недорікуватість, односкладовість висловів, труднощі у використанні службових частин мови та дієслів [2].

Паралімбічний (мезокортикальний) відділ, розташований у вентральній та медіальній частині лобних ділянок, складається з переднього сингулярного

комплексу (зони 23 та 32 за Бродманном), парolfакторної («прямої») звивини (зона 25) та задньої орбітофронтальної частини (зони 11, 12, 13). Таким чином паралімбічний «пояс» окреслює медіальні та базальні ділянки великих півкуль, у ньому можна умовно виділити два сектори: ольфактоцентричний (скроневий полюс, острівок, задня орбітофронтальна кора) та гіпокампоцентричний (парагіпокампадна назальна кора, поясна звивина, субкалозальний відділ), що перетинаються в області орбітофронтальної кори та кори переднього парагіпокампу [9]. Ця частина мозку відіграє важливу роль у поєднанні когніцій, вісцеральних станів та емоцій, оцінюючи, наскільки фізичні властивості того чи іншого стимулу потрібно урахувати у процесі адаптації. Таким чином паралімбічний відділ мозку забезпечує навчання та пам'ять; спрямовує емоційні реакції та афіліативну поведінку; пов'язує вісцеральні, ендокринні та імунні процеси з психічним станом; сприймає біль, запах, смак. Чисельні зв'язки між лімбічною системою та префронтальною корою дозволяють реконструювати відповідний тілесний стан, якщо трапляється схожа ситуація, чи навіть тільки прогнозується у майбутньому. Це спрямовує процес прийняття рішень від потенційно ризикованих до вигідних альтернатив [5].

Обширна ділянка гетеромодальної лобної кори складається з зон 9-10, передньої частини зон 11-12 та зон 45-47 за Бродманном. Більшість нейронів тут є мультимодальними, оскільки реагують на кілька видів сенсорної інформації (хоча деякі нейронні ансамблі в цій частині мозку тяжіють до реагування на певну модальність) [3]. Однак, навіть якщо взяти, наприклад, «візуальні» нейрони префронтальної кори, виявляється, що вони тяжіють до реагування не на колір, розмір, глибину чи рух об'єкту, а скоріше на його значення для поведінки: чи асоціюється він з винагородою, покаранням, чи виступає нейтральним? Таким чином, нейрони префронтальної кори малюють суб'єктивну картину світу, де значення мають не поверхневі характеристики об'єктів та явищ, а їх значення для індивіда [10].

Термін «префронтальна кора», наслідком ураження якої є так званий «лобний синдром» відноситься тільки до паралімбічного та гетеромодального секторів. Навіть обширне ушкодження префронтальної кори може ніяк не вплинути на відчуття, сприймання, рухи, гомеостатичні функції. Її призначення – інтеграція складних форм психічної активності. Найбільші труднощі у методологічному плані представляє той факт, що поведінкові симптоми за умовою пошкодження цієї ділянки мозку, практично неможливо встановити за допомогою надійних кількісних еталонів. Тільки порівняння з індивідуальними преморбідними показниками того ж індивіда можуть виявити суттєві зміни, однак, і вони, в свою чергу, значною мірою залежать від контексту.

Префронтальна кора взаємодіє з іншими частинами мозку, маючи величезну кількість двосторонніх зв'язків з гетеромодальними, унімодальними, лімбічними, паралімбічними кірковими утвореннями, що дозволяє їй «включати» одні нейронні ансамблі та пригнічувати інші, виступаючи своєрідним «диригентом» складного оркестру мозку [1]. У цьому відділі мозку є нейрони, що спеціалізуються саме на інгібіції імпульсів, що не відповідають контекстові (у тому числі – соціальному), а також на відокремленні стимулу від звичної поведінко-

вої реакції, що забезпечує гнучкість, обачливість, здатність до планування [9].

Як вже було зазначено, найважливіші зв'язки поєднують префронтальну кору з головою хвостатого ядра та медіодорзальним ядром таламусу. Ці дві підкіркові структури можна сміливо віднести до префронтального комплексу. Їх ушкодження чи дегенерація («екстрапірамідні захворювання») клінічно проявляється симптомами, які дуже схожі на описані різновиди «лобного синдрому» [1].

Крім того, захворювання, які безпосередньо не зачіпають ані префронтальну кору, ані її підкіркові анатомічні підрозділи, однак в патогенезі містять ураження білої мозкової речовини (дем'єлінізація, цереброваскулярні розлади, токсично-метаболічна енцефалопатія), також загрожують «лобною» симптоматикою, оскільки руйнують провідні шляхи, без яких неможливою стає головна управлінська функція мозку – інтеграція різних форм психічної діяльності.

Важливою частиною гетеромодальної префронтальної кори є орбітофронтальна кора (ОФК), названа таким чином завдяки розташуванню за очними западинами. ОФК за своєю структурою демонструє виражені індивідуальні відмінності. Її функції пов'язують з інтеграцією емоційних реакцій, процесом прийняття рішення, поведінковим контролем. Оскільки ця ділянка залучена до обробки стимулів, що викликають задоволення або страждання, деякі дослідники вважають її частиною лімбічної системи, інші відносять до префронтального комплексу. Однак обидва підходи мають рацію, оскільки щільний зв'язок між емоційними реакціями та поведінковим контролем був наочно продемонстрований авторами гіпотези соматичних маркерів [5].

Як частина префронтальної кори ОФК отримує проєкції від медіадорзального ядра таламусу, через яке поєднується з іншими структурами мозку, зокрема – прилежачим ядром базальних ганглій (лат. - nucleus acumbens), яке вважається одним з центрів задоволення у мозку (іншими є вентральна область покривки середнього мозку, мигдалина, гіпокамп, сингулярна звивина, з якими також взаємодіє ОФК). Ці дані обумовлюють роль дисфункцій ОФК у виникненні адиктивної поведінки [7].

Використання сучасних технік нейровізуалізації (зокрема фМРТ) для відображення роботи орбітофронтальної кори (ОФК) дозволили встановити, що ця частина мозку бере участь в оцінці суб'єктивної привабливості підкріплення, як актуального, так і очікуваного.

Так, медіальна частина ОФК залучена до обробки інформації щодо стимулів, пов'язаних із задоволенням, а латеральна частина оцінює значення негативних підкріплень та відповідно модифікує поведінку. Існують також розбіжності між передньою та задньою ОФК: у першій відображаються більш складні, абстрактні (умовні) підкріплення, у той же час первинні (безумовні) задоволення обробляє задня ОФК [7].

Проведення нейровізуалізаційних досліджень ОФК ускладнюється тим, що ця ділянка розташована біля наповнених повітрям мозкових синусів, що може викликати технологічні проблеми у вигляді геометричних викривлень зображення, втрати сигналу тощо. Для подолання цих ефектів розроблені спеціальні процедури [12].

Дорзолатеральна префронтальна кора (ДЛК) охоплює зони 9 та 46 за

Бродманном. Кровопостачання ДЛК забезпечується переважно середньою мозковою артерією. Провідним нейромедіатором, що опосередковує обмін електричними сигналами в ДЛК, є допамін (мезокортикальний провідний шлях допаміну бере початок у середньому мозку та закінчується в структурах ДЛК) [3].

Тісно взаємодіючи з ОФК, ця частина мозку інтегрує ряд важливих процесів з точки зору програмування, регуляції та контролю поведінки.

Одною з принципових функцій у цьому контексті виступає оперативна пам'ять. Ряд дослідників відмічає умовність застосування терміну «пам'ять», у той час, коли йдеться про різновид уваги [6], [9]. Оперативна пам'ять дозволяє маніпулювати інформацією в режимі «он-лайн», підтримуючи необхідне з'єднання із довготривалими сховищами інформації (префронтальна та задньотім'яна кора), а також, можливо, певне довільне маніпулювання цією інформацією (дорзолатеральна префронтальна кора) [4]. Крім того, забезпечуючи оперативну пам'ять, префронтальна кора змінює режим користування інформацією з послідовного сукцесивного процесу, коли тільки одна одиниця є доступною у кожен момент часу, на інший, симультанний патерн, коли різні види інформації є доступними одночасно, за умовою певної конкуренції між ними [9]. Це дозволяє збільшити кількість факторів, які беруться до уваги, одночасно маніпулювати ними, вхоплюючи важливі зміни у зовнішньому та внутрішньому середовищі, відділяти головне від другорядного, зовнішність від значення, вимальовувати картину майбутнього та приймати поведінкові рішення. Таким чином, дорзолатеральна префронтальна кора через механізми оперативної пам'яті, забезпечує можливість планування.

З оперативною пам'яттю тісно взаємодіють: здатність до концентрації, розумова гнучкість у ситуації новизни, пригнічення зайвих імпульсів, протидія інтерференції («шуму»), вміння вчитись на помилках, тестування гіпотез, здатність підтримувати зв'язаний хід думок, навігація по власних «сховищах» інформації, а також здатність обирати, програмувати та вибудовувати послідовність власних дій. Якщо дорзолатеральна префронтальна кора орієнтує увагу на внутрішні процеси (людина діє за власним задумом, а не стає «рабом» зовнішніх стимулів, у «поле» яких потрапляє), то задньотім'яна кора миттєво фокусує увагу на змінах у зовнішньому середовищі. Баланс цих двох тенденцій порушується у разі ушкодження відповідних анатомічних ділянок [9].

Мозкові функції управління поведінкою значною мірою спираються на інші психічні процеси, а саме сприйняття, пам'ять, мовлення тощо, однак їх специфіка не дозволяє звести вказані функції до жодної з перерахованих. Інше важливе зауваження стосовно клінічної оцінки даного конструкту полягає в тому, що повне ототожнення функцій управління та контролю поведінки з певним анатомічним субстратом, у даному випадку – з лобними ділянками кори великих півкуль, є не зовсім коректним. За влучним висловом Д. Тренела з колегами, нікому не прийде у голову називати сприйняття кольору «потиличною» функцією, а запам'ятовування нової інформації – «функцією гіпокампу» [11]. Однак історично склалась традиція визначення змін у поведінці та особистісних розладів (у наслідок дії на мозок патологічних

факторів) як «лобних» дисфункцій. На сьогоднішній день накопичено достатню кількість емпіричних даних, які наочно вказують на умовність даного терміну. Наявність розгалужених двосторонніх зв'язків префронтальної кори практично з усіма відділами мозку може призводити до «класичної» лобної симптоматики у разі пошкодження, локалізованого в інших частинах мозку, наприклад – у базальних гангліях, або у мезокортикальному допамінергічному шляху [1].

Певні складнощі на шляху клінічної діагностики управлінських функцій мозку пов'язані із суперечливим характером змістовного наповнення даного конструкту. Навіть у кожному індивідуальному випадку можуть поєднуватись прямо протилежні поведінкові тенденції: апатична індиферентність та вибухоподібна емоційна лабільність; абулія та «полезалежна» поведінка; акінезія та відволікання; персеверації та нестійкість зусиль; мутизм та конфабуляції; депресія та манія; гіпо- та гіперсексуальність [3].

Поведінкові порушення, що спостерігаються у деяких пацієнтів, буває важко виявити, апелюючи до надійних стандартизованих критеріїв (особливо враховуючи інтактну пам'ять, мову, сенсорні та перцептивні процеси, моторику). Іноді єдиним засобом їх реєстрації виступає порівняння з преморбідним рівнем функціонування [13].

І нарешті, логіка побудови нейропсихологічного обстеження вимагає редукції об'ємного переліку симптомів та ознак до певних серцевинних, «наріжних» факторів. Спроби концептуалізації різноманітних поведінкових порушень, зведення їх до вичерпного короткого переліку «мета-функцій», неодноразово здійснювались у літературі та досі тривають. Так Хал Блуменфельд пропонує таку класифікацію «лобних» функцій: 1) самовладання (стриманість, здатність загальмувати недоречну поведінку); 2) ініціатива (здатність ініціювати та підтримувати певну приємну чи продуктивну діяльність); 3) упорядкування (здатність правильним чином розташувати свої дії чи когнітивні операції у часі) [3, с. 849]. М.Д. Лезак вважає обґрунтованим виділення таких чотирьох компонентів управлінських функцій, як: волевиявлення, планування, цілеспрямована діяльність, ефективне виконання [13]. В основу такої класифікації, вочевидь, покладені етапи розгортання у часі певної поведінки. Інші дослідники: Б. Колб та І. Вішоу акцентують увагу на здатності інтегрувати у своїй поведінці чотири типи сигналів: внутрішні, зовнішні, контекстні та пов'язані з самосвідомістю та самоідентичністю [6].

З точки зору психічних функцій, які забезпечує префронтальна кора, доречним уявляється умовне виділення двох векторів. Перший має відношення до процесів пам'яті, уваги та, власне, екзекутивних функцій, центруючись навколо префронтальної та задньотім'яної кори. Другий контролює поведінку, його «епіцентри» розташовані у префронтальній та орбітофронтальній паралімбічній зоні. Найважливішими підкірковими центрами, на які спираються обидва «вектори», є голова хвостатого ядра та медіодорзальне ядро таламусу [3].

Варіативна клінічна картина «лобного синдрому», що включає дещо суперечливі симптоми, стає зрозумілішою, якщо концептуалізувати

різноманітні поведінкові прояви відповідно до виділених анатомічних векторів. У такому разі, якщо зачеплений перший вектор, ми маємо «синдром фронтальної абулії» у вигляді порушень оперативної пам'яті, зниження динаміки психічної активності, втрати спонтанності, ініціативи. У разі залучення другого вектору можна спостерігати «синдром фронтальної розгальмованості»: імпульсивну поведінку, агресивність, грандіозність, необачливість, подекуди – надмірну жартівливість [9].

**Висновки.** Сучасні дослідження, що спираються на методи нейровізуалізації, а також залучують нейрохімічні, психофармакологічні, психодіагностичні дані, дозволяють вибудувати більш диференційований підхід до визначення нейроанатомічних корелятивів екзекутивних (управлінських) функцій мозку, і, в свою чергу, до розуміння причин порушень мозкової діяльності. Відокремлення префронтальної кори від моторних та премоторних ділянок, виділення двох провідних функційних зон (орбітофронтальної та дорзолатеральної кори), ідентифікація розгалужених провідних шляхів, що поєднують структури префронтальної кори з іншими ділянками мозку, акцент на кірково-підкірковій взаємодії – створюють надійне підґрунтя для подальших неврологічних та нейропсихологічних досліджень функцій програмування, регуляції та контролю поведінки.

### **Література**

1. Голдберг Э. Управляющий мозг: Лобные доли, лидерство и цивилизация. – М., 2003. – 335 с.
2. Лурия А.Р. Основы нейропсихологии. – М., 2003. – 384 с.
3. Blumenfeld H. Neuroanatomy through clinical cases / Blumenfeld Hal. – Yale University School of Medicine, 2002. – 951 p.
4. Carter R. Mapping the Mind / Rita Carter. – Univ. of California Press, 1999. – 224 p.
5. Damasio A. The feeling of what happens. Body and emotion in the making of consciousness / Damasio Antonio. – A Harvest Book Harcourt, 1999. – 386 p.
6. Kolb B. Fundamentals of Human Neuropsychology / Bryan Kolb, Ian Q. Whishaw. – Worth Publishers, 2003. – 763 p.
7. Kringelbach M.L. The orbitofrontal cortex: linking reward to hedonic experience / Kringelbach M.L. - Nature Reviews Neuroscience, 2005, #6. - p. 691-702.
8. Macdonald J.M. The threat to kill / John Macdonald. - American Journal of Psychiatry, 1963 (120): p. 125-130.
9. Mesulam M.-M. Principles of Behavioral and Cognitive Neurology / M.-Marsel Mesulam. – Oxford Univ. Press, 2000.- 540 p.
10. Sagakami M. Encoding of behavioral significance of visual stimuli by primate prefrontal neurons: relation to relevant task conditions / Sagakami M., Niki H. – Experimental Brain Research, 1994, # 97. - p. 423-436.
11. Tranel D. Development of the concept of “executive function” and its relationship to the frontal lobes / Daniel Tranel, Steven W. Anderson, Arthur Benton// Handbook of Neuropsychology (Ed. – F.Boller, H.Spinnler, J.A.Hendler), V.9, 1994. – p. 125-148.

12. Wilson J. Fast, fully automated global and local magnetic field optimization for fMRI of the human brain / J. Wilson, M. Jenkinson, I.E.T. de Araujo, Morten L. Kringelbach, E.T. Rolls, & Peter Jezzard. – NeuroImage, 2002, 17 (2): p. 967–976.

13. Lezak M.D. Neuropsychological Assessment / Lezak Muriel Deutch. - Oxford Univ. Press, 1995.- 1026 p.

*В статье обобщаются современные данные, касающиеся мозговых структур, вовлеченных в реализацию функций управления и контроля поведения. Предложенное А.Р. Лурией в середине прошлого века функциональное разделение мозга на три блока с соответствующими анатомическими составляющими, где высшей инстанцией выступает блок программирования, регуляции и контроля поведения, дополняется недавними открытиями, полученными с помощью техник нейровизуализации. Особым значением в контексте данного исследования наделяются подкорковые структуры мозга, в частности паралимбический сектор, базальные ганглии и ядра таламуса, подкрепляющие комплекс экзективных функций мозга.*

**Ключевые слова:** нейроанатомия, префронтальная кора, паралимбическая зона, функции программирования, регуляции и контроля поведения.

*The article summarize up-to-date views on how executive functions are organized in the brain. The Luria's concept of tree functional blocks with matching anatomical structures, introduced in the mid of XX century, where executive block occupies highest position in the hierarchy, is completed with contemporary findings, including neuroimaging studies. The role of subcortical structures (mesocortical areas, basal ganglia and thalamic nuclei) in this context is emphasized.*

**Key words:** neuroanatomy, prefrontal cortex, paralimbic area, executive functions.

УДК 159.922

**Ю.А. Михальська**

## **ПСИХОЛОГІЧНИЙ ЗАХИСТ ОСОБИСТОСТІ: ПАНОРАМА ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГІЧНИХ ПОСТУЛАТІВ**

*Презентований матеріал статті присвячений теоретико-методологічно-му аналізу проблеми психологічного захисту особистості та стратегій його прояву. Специфіка розгляду даного психологічного феномену полягає у його детальному тлумаченні у різних психологічних напрямках та школах. Систематизація центральних психологічних положень оформлена у послідовну панораму теоретичних постулатів, де розглядаються основні психологічні механізми, форми та стратегії психологічного захисту особистості.*

**Ключові слова:** психологічний захист, захисний механізм, захисні стратегії, захисні дії, форми захисту.

**Постановка проблеми.** Інтерес до проблеми особистості є домінуючим в системі психологічного мислення та культури впродовж багатьох тисячоліть.