

**Оглядова стаття = Review article = Обзорная статья**

Ukr Neurosurg J. 2020;26(3):13-21  
doi: 10.25305/unj.203857

### **Нейрохірургічна анатомія острівця та латеральної борозни мозку при внутрішньомозкових пухлинах: дані літератури та власний досвід. Перше повідомлення. Артерії**

Ключка В.М.<sup>1</sup>, Розуменко В.Д.<sup>1</sup>, Малишева Т.А.<sup>2</sup>, Розуменко А.В.<sup>1</sup>, Дащаківський А.В.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Відділення внутрішньомозкових пухлин, Інститут нейрохірургії ім. акад. А.П. Ромоданова НАМН України, Київ, Україна

<sup>2</sup> Відділ нейропатоморфології, Інститут нейрохірургії ім. акад. А.П. Ромоданова НАМН України, Київ, Україна

Надійшла до редакції 24.05.2020  
Прийнята до публікації 19.07.2020

**Адреса для листування:**

Ключка Валентин Миколайович,  
Відділення внутрішньомозкових пухлин, Інститут нейрохірургії ім. акад. А.П. Ромоданова, вул. Платона Майбороди, 32, Київ, 04050, Україна, e-mail: kimeria80@gmail.com

На частку гліом острівця припадає 25% від усіх низькозлоякісних та 10% від усіх високозлоякісних внутрішньомозкових пухлин. Досягнуті радикальності хірургічного видалення цих пухлин вкрай важко через анатомічну близькість функціонально важливих мозкових структур і залучення в новоутворену тканину артерій латеральної борозни мозку та острівця. Більшість випадків виникнення післяопераційного неврологічного дефіциту після резекції гліом острівця спричинені ураженням саме цих артерій. Кора та прилегли підкіркові структури острівця кровопостачаються із поверхневої системи перфорантних і глибинної системи лентикулостріарних артерій. Джерелом обох судинних басейнів є середня мозкова артерія. Для збереження зазначених судин слід урахувувати їх розташування як під час формування хірургічного доступу, так і на етапі видалення пухлини.

Вкрай важливим у хірургії острівцевих гліом є етап планування хірургічного втручання, який дає змогу спрогнозувати обсяг видалення та оцінити ризик появи післяопераційного вогнищового неврологічного дефіциту. Якщо селективна цифрова субтракційна ангиографія, комп'ютерна томографічна ангиографія, магнітно-резонансна томографія та ангиографія дають уявлення щодо взаємовідносини гліоми з лентикулостріарними артеріями, то оцінити ступінь залучення пухлиною перфорантних артерій за даними нейровізуалізації практично неможливо.

Хірургічне втручання при острівцевих гліомах передбачає досягнення максимально можливої резекції пухлини за умови збереження критично важливих артерій цієї анатомічно складної ділянки мозку. Основними обмеженнями є як малий калібр лентикулостріарних та перфорантних артерій, що інтраопераційно ускладнює їх ідентифікацію, так і їх безпосереднє залучення в тканину пухлини. Для досягнення зазначеної мети у клінічну практику нейрохірургічних центрів, які займаються цими ураженнями, впроваджено такі новітні технології, як інтраопераційна нейровізуалізація, нейронавігаційний супровід, інтраопераційний нейромоніторинг. Однак без глибокого розуміння хірургом регіональної функціональної та судинної анатомії острівця використання сучасних хірургічних технологій часто недостатньо.

**Ключові слова:** гліоми острівця; лентикулостріарні артерії; перфорантні артерії; хірургічне видалення

### **Neurosurgical anatomy of the insula and Sylvian fissure in gliomas: literature data and own experience. The first report. Arteries**

Valentyn M. Kliuchka<sup>1</sup>, Volodymyr D. Rozumenko<sup>1</sup>, Tetyana A. Malysheva<sup>2</sup>, Artem V. Rozumenko<sup>1</sup>, Andrii V. Dashchakovskiy<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Intracerebral Tumors Department, Romodanov Neurosurgery Institute, Kyiv, Ukraine

<sup>2</sup>Neuropathomorphology Department, Romodanov Neurosurgery Institute, Kyiv, Ukraine

Received: 24 May 2020  
Accepted: 19 July 2020

**Address for correspondence:**

Valentyn M. Kliuchka, Intracerebral Tumors Department, Romodanov Neurosurgery Institute, 32 Platona Maiborody st., Kyiv, 04050, Ukraine, e-mail: kimeria80@gmail.com

Insular gliomas account for 25 % of all low-grade and 10 % of all high-grade gliomas. This complex neural and vascular anatomy of the insula and subinsular areas and the attendant risk of postoperative neurological deficit render resection of insular gliomas challenging. Postoperative morbidity can result from injury to these arteries. The cortex and adjacent subcortical structures of the insula are supplied with blood from the cortical insular perforating arteries and lenticulostriate arteries. The source of both types of arteries is the middle cerebral artery. To preserve these vessels, it is necessary to take into account their location while performing approach and tumor debulking.

The presurgical planning is extremely important for insular glioma surgery, which allows predicting the extent of removal and to assess the risk of postoperative morbidity. The digital subtractive angiography, CT angiography, MRI angiography make a full picture of the tumor relationship with the



lenticulostriate arteries while it is almost impossible to identify the tumor involvement of the insular arteries.

The aim of insular glioma surgery is to achieve total removal while preserving critical arteries. This goal is complicated both by a small diameter of lenticulostriate and insular arteries, which intraoperatively complicates their identification and their involvement in tumor tissue. The intraoperative neuroimaging, neuronavigation, intraoperative neuromonitoring can help guide the extent of resection and prevent or minimize postoperative morbidity. However, these advanced technologies are often insufficient without a comprehensive understanding of the insular functional and vascular anatomy.

**Keywords:** *insular gliomas; lenticulostriate arteries; insular perforating arteries; surgical removal*

## Нейрохирургическая анатомия островка и латеральной щели мозга при внутримозговых опухолях: данные литературы и собственный опыт. Первое сообщение. Артерии

Ключка В.Н.<sup>1</sup>, Розуменко В.Д.<sup>1</sup>, Малышева Т.А.<sup>2</sup>, Розуменко А.В.<sup>1</sup>, Дацаковский А.В.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Отделение внутримозговых опухолей, Институт нейрохирургии им. акад. А.П. Ромоданова НАМН Украины, Киев, Украина

<sup>2</sup> Отдел нейropатоморфологии, Институт нейрохирургии им. акад. А.П. Ромоданова НАМН Украины, Киев, Украина

Поступила в редакцию 24.05.2020

Принята к публикации 19.07.2020

### Адрес для переписки:

Ключка Валентин Николаевич,  
Отделение внутримозговых опухолей, Институт нейрохирургии им. акад. А.П. Ромоданова, ул. Платона Майбороды, 32, Киев, 04050, Украина, e-mail: kimeria80@gmail.com

На долю глиом островка приходится 25% от всех низкоккачественных и 10% от всех высококачественных внутримозговых опухолей. Достичь радикальности хирургического удаления этих опухолей очень трудно из-за анатомической близости функционально важных мозговых структур и вовлечения в образовавшуюся ткань артерий латеральной борозды мозга и островка. Большинство случаев возникновения послеоперационного неврологического дефицита после резекции глиом островка вызваны поражением именно этих артерий. Кора и прилегающие подкорковые структуры островка кровоснабжаются с поверхностной системы перфорантных и глубинной системы лентикулостриарных артерий. Источником обоих сосудистых бассейнов является средняя мозговая артерия. Для сохранения указанных сосудов следует учитывать их расположение как при формировании хирургического доступа, так и на этапе удаления опухоли.

Очень важным в хирургии островковых глиом является этап планирования хирургического вмешательства, который позволяет спрогнозировать объем удаления и оценить риск появления послеоперационного очагового неврологического дефицита. Если селективная цифровая субтракционная ангиография, компьютерная томографическая ангиография, магнитно-резонансная томография и ангиография дают представление о взаимоотношениях глиомы с лентикулостриарными артериями, то оценить степень вовлечения опухолью перфорантных артерий по данным нейровизуализации практически невозможно.

Хирургическое вмешательство при островковых глиомах предполагает достижение максимально возможной резекции опухоли при условии сохранения критически важных артерий этого анатомически сложного участка мозга. Основными ограничениями являются как малый калибр лентикулостриарных и перфорантных артерий, что интраоперационно затрудняет их идентификацию, так и их непосредственное вовлечение в ткань опухоли. Для достижения указанной цели в клиническую практику нейрохирургических центров, которые занимаются этими поражениями, внедрены такие новейшие технологии, как интраоперационная нейровизуализация, нейронавигационное сопровождение, интраоперационный нейромониторинг. Однако без глубокого понимания хирургом региональной функциональной и сосудистой анатомии островка использования современных хирургических технологий часто недостаточно.

**Ключевые слова:** *глиомы островка; лентикулостриарные артерии; перфорантные артерии; хирургическое удаление*

### Вступ

Хірургічне лікування гліальних пухлин острівця залишається однією з актуальних проблем сучасної нейроонкології. Під час розвитку так званих острівцевих глиом пухлинні клітини поширюються інвазивно із залученням суміжних церебральних структур, порушуючи хід і структуру артерій, а в результаті

пухлинного мас-ефекту компресують і зміщують базальні ганглії та лентикулостріарні артерії. Це слід урахувати при виборі стратегії і тактики хірургічного лікування глиом острівцевої локалізації.

Післяопераційний неврологічний дефіцит у хворих з глиомами острівця може бути зумовлений та/або поглиблений ятрогенним чинником інтервенційних

Стаття містить рисунки, які відображаються в друкованій версії у відтінках сірого, в електронній — у кольорі.

маніпуляцій як на етапі хірургічного доступу, так і під час видалення пухлини. Періопераційні ускладнення можуть бути наслідком травмування мозкової речовини лобової, скроневої та тім'яної часток ще на етапі хірургічного доступу з проведенням дисекції структури латеральної борозни мозку. Після експозиції ділянки острівця субкортикальну резекцію пухлини слід проводити після розсічення поверхні кори острівця та ретельних хірургічних маніпуляцій, оминаючи гілки середньої мозкової артерії (СМА), щоб запобігти їх пошкодженню. Під час видалення пухлини у глибинному медіанному напрямку не виключена можливість пошкодження лентикулостріарних артерій, що патогенетично призводить до ішемії базальних гангліїв і структур внутрішньої капсули. Крім того, неврологічний дефіцит може бути наслідком безпосереднього хірургічного ушкодження базальних гангліїв та внутрішньої капсули при маніпуляціях, спрямованих на видалення медіальної частини новоутворення, або перифокальної зони, в якій клітини пухлини широко інвазують функціонально важливі ділянки мозку.

При гліомах острівця хірургічне втручання спрямоване на досягнення максимально можливої функціонально обґрунтованої резекції пухлини за умови уникнення післяопераційного неврологічного дефіциту. Для досягнення цієї мети у клінічну практику нейрохірургічних центрів, які займаються пухлинами зазначеної локалізації, впроваджено поєднання інтраопераційної нейровізуалізації, нейрохірургічної навігації та періопераційного функціонального моніторингу. Однак без глибокого розуміння регіональної функціональної та судинної анатомії острівця застосування прогресивних хірургічних технологій часто недостатньо.

### **Топографічна анатомія лентикулостріарних та кіркових артерій острівця (найпоширеніший варіант)**

Кора та прилеглі підкіркові структури острівця кровопостачаються із поверхневої системи кортикальних острівцевих і глибинної системи лентикулостріарних артерій. Джерелом обох судинних басейнів є СМА, тому доцільно звернути увагу на особливості топографічної анатомії СМА, пов'язані з кровопостачанням острівця.

Середня мозкова артерія бере початок від внутрішньої сонної артерії, будучи найбільшою її гілкою. Її діаметр у місці відходження становить у середньому 3,9 мм. Місце відходження розташоване на початку латеральної щілини мозку, нижче за передню пронизану речовину, позаду зорового тракту та латеральніше щодо зорового перехрестя. Від місця відходження СМА проходить у латеральній щілині назовні, нижче за передню пронизану речовину і приблизно на 1 см позаду клиноподібного випину і паралельно йому. На рівні передньої пронизаної речовини від  $M_1$ -сегмента СМА відходять гілки, які називаються лентикулостріарними артеріями. Ці артерії забезпечують кровопостачання таких підкіркових структур, як лушпина, біла куля, головка та тіло хвостатого ядра, волокон внутрішньої капсули та променистого вінця. Кількість лентикулостріарних артерій становить від 1 до 15. Чіткої кореляції між довжиною  $M_1$ -сегмента СМА та кількістю лентикулостріарних артерій не встановлено через варіативність анатомії. Діаметр лентикулостріарних артерій стано-

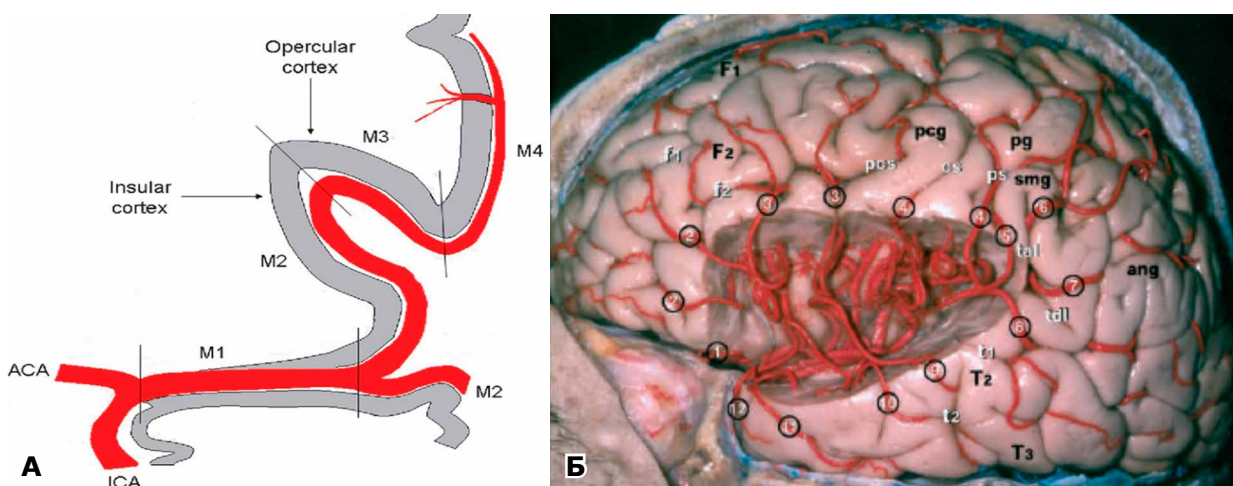
вить від 0,1 до 1,5 мм. Більшість (73%) лентикулостріарних артерій мають діаметр <0,5 мм, решта – більший діаметр і дають початок гілкам меншого діаметра. Близько 78% лентикулостріарних артерій відходять від  $M_1$ -сегмента (зазвичай з його нижньомедіальної поверхні), 18% лентикулостріарних артерій – від лобової або скроневої гілок СМА, 4% лентикулостріарних артерій – від верхнього або нижнього стовбура  $M_2$ -сегмента і розташовуються поруч з основною біфуркацією СМА [1].

Загальноприйнятим є виділення таких сегментів СМА: клиноподібного ( $M_1$ ), острівцевого ( $M_2$ ), оперкулярного ( $M_3$ ) та кіркового ( $M_4$ ). *Клиноподібний сегмент СМА починається з виходу із клиноподібної пазухи від внутрішньої сонної артерії та закінчується в точці розгалуження СМА, яка розташована поруч із порогом (limen) острівця. Острівцевий сегмент СМА простягається від порога до передньої, верхньої та нижньої періінсулярної борозен (anterior, superior, inferior periinsular sulci). Оперкулярний сегмент СМА бере початок від умовної межі початку періінсулярних борозен. Гілки цього сегмента СМА розташовані на медіальній поверхні покришки лобової, скроневої та тім'яної часток. Кортикальний сегмент СМА представлений гілками на зовнішній поверхні покришок острівця. Ці судини постачають частину конвексимальних і базальних поверхонь півкуль головного мозку (Рис. 1А).*

У субарахноїдальному просторі між гілками лентикулостріарних артерій немає анастомозів. У 37,5% випадків  $M_1$ -сегмент може віддати лобову гілку (латеральна очноямково-лобова), а в 22,5% випадків ця лобова гілка може давати лентикулостріарні артерії. Після розгалуження від  $M_1$ -сегмента лентикулостріарні артерії різко повертають, утворюючи гострий кут з місцем їх походження, спрямовуються медіально на 4-5 мм, перш ніж повернути догори та ввійти у латеральні відділи передньої пронизаної речовини.

$M_2$ -сегмент СМА зазвичай на рівні порогу острівця представлений верхнім і нижнім стовбурами, які дають початок меншим за діаметром стовбуровим артеріям острівця. Ці судини відрізняються як за кількістю, так і за площею розгалуження. До них належать: очноямково-лобова гілка, передня лобова артерія, артерія прецентральної борозни, артерія центральної борозни, передня тім'яна артерія, задня тім'яна артерія, кутова артерія, скронево-потилична артерія, потилично-скронева артерія, середня скронева артерія, передня скронева артерія та полюсна скронева артерія (Рис. 1Б). Саме від цих артеріальних гілок відходять кортикальні та субкортикальні перфорантні артерії. Ці перфорантні острівцеві артерії відходять до того, як стовбурові артерії досягають періінсулярних борозен. Далі артеріальні стовбури проходять уздовж медіальної поверхні покришки острівця ( $M_3$ -сегмент), залишають латеральну борозну і досягають відповідних ділянок кори півкулі головного мозку ( $M_4$ -сегмент).

За даними літератури, кортикальні та субкортикальні перфорантні артерії кожної з півкуль у середньому представлені 75–104 судинами, які живлять острівцеві. Їх середній діаметр становить 0,2–0,5 мм. Більшість острівцевих артерій виникають із  $M_2$ -сегмента. У 55% півкуль  $M_1$ -сегмент виділяє 1–6 острівцевих артерій, у 25% півкуль  $M_3$ -сегмент – 1-2 острівцеві перфорантні артерії. Перфорантні гілки з



**Рис. 1.** Артерії латеральної борозни мозку та острівця [1]: А – сегменти СМА: клиноподібний, острівцевий, оперкулярний, кортикальний; Б – стовбурові артерії  $M_2$ - та  $M_3$ -сегментів СМА: 1 – орбітофронтальна артерія; 2 – передня лобова артерія; 3 – артерія прецентральної борозни; 4 – центральна артерія; 5 – передня тім'яна артерія; 6 – задня тім'яна артерія; 7 – кутова артерія; 8 – скронево-потилична гілка; 9 – потилично-скронева артерія; 10 – середня скронева артерія; 11 – передня скронева артерія; 12 – полюсна скронева артерія

інших артерій значного калібру (внутрішньої сонної, передньої та задньої мозкових артерій) та  $M_4$ -сегмент СМА не кровопостачають острівець [2].

Довжина перфорантної артерії визначається відповідно до глибинної структури, до якої вона поширюється з поверхні острівця (**Рис. 2А**). Описано три типи перфорантних артерій острівця (короткі, середні та довгі) [2].

Короткі перфорантні артерії відходять від усіх стовбурів СМА та кіркових гілок, коли вони проходять острівець. Близько 85–90% острівцевих артерій представлені саме короткими перфорантними артеріями. Вони забезпечують кров'ю острівцеву кору та саму зовнішню капсулу. Середні перфорантні артерії мають довжину 0,1–0,2 мм, їх частка становить близько 10% від усіх острівцевих перфорантних артерій. Вони кровопостачають огорожу та зовнішню капсулу. На частку довгих перфорантних артерій припадає менше 5% острівцевих перфорантних артерій, вони мають більший діаметр ( $\geq 0,5$  мм) і довжину ( $\geq 0,5$  мм) [1]. Довгі перфорантні артерії походять із  $M_2$ -сегмента у 51,6% випадків, із переходу з  $M_2$ -сегмента в  $M_3$  – у 37,4%, із  $M_3$ -сегмента СМА – в 11%. Зазвичай довгі перфорантні артерії виникають із гілок або безпосередньо від верхнього стовбура СМА (у 72,5% випадках), решта – із басейну нижнього стовбура СМА. В разі наявності середнього стовбура, від нього відходять 7,7% довгих перфорантних артерій. Найбільше представництво довгих перфорантних артерій забезпечують такі кіркові артерії: передня тім'яна артерія – 26,4%, артерія центральної борозни – 17,6%, задня тім'яна артерія – 17,6%, прецентральної артерія – 3,2% від загальної кількості. Єдиною кірковою гілкою СМА, котра не віддає довгі перфорантні артерії, є полярна скронева артерія [1]. Після перфорації кіркової речовини довга перфорантна артерія проходить вертикально до поверхні острівця, а потім дещо піднімається в напрямку тіла бічного шлуночка.

Майже 40% довгих перфорантних артерій досягають променистого вінця або ділянок глибше розта-

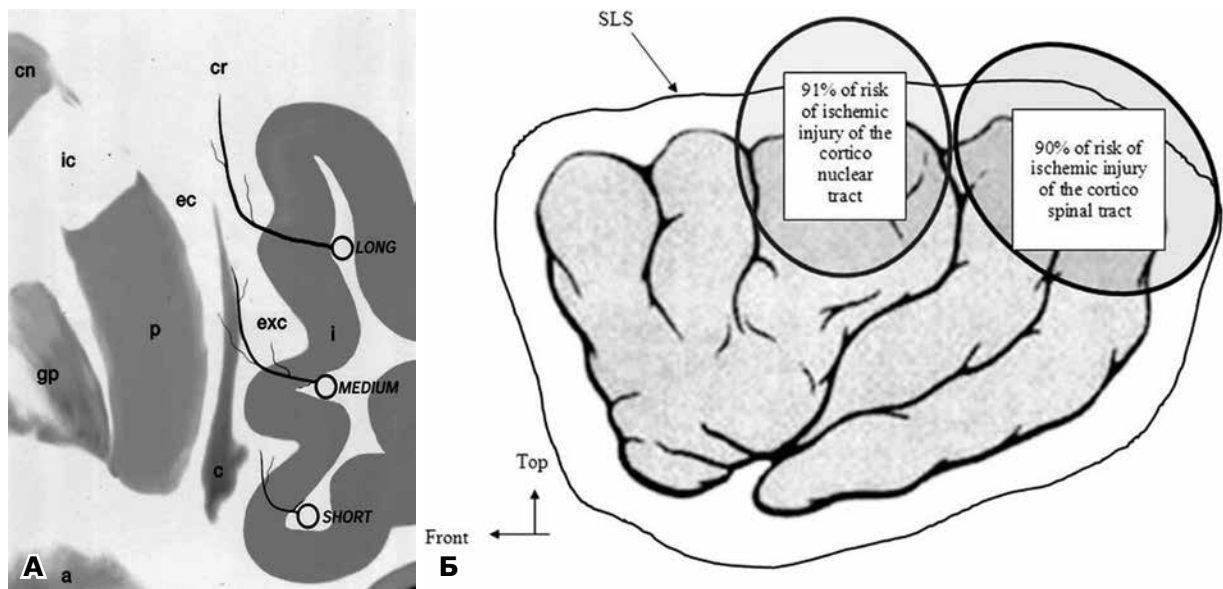
шованих, ніж волокна вінця. Деякі з цих груп перетинають волокна вінця і приєднуються до епендими тіла бічного шлуночка. Близько 30% довгих перфорантних артерій закінчуються в бічних відділах променистого вінця, решта – між сагітальною площиною огорожі та бічними волокнами променистого вінця, що відповідає розташуванню дугоподібного пучка [1].

Коліно внутрішньої капсули проекційно розташоване на рівні задньої короткої звивини острівця. Довгі перфорантні артерії, котрі проникають у верхню частину задньої короткої звивини, постачають кірковоядерні волокна зорової променистості у 91% випадків (**Рис. 2Б**). Задня ніжка внутрішньої капсули проекційно розташована на рівні довгих звивин острівця. Близько 45% довгих перфорантних артерій, які проникають у верхню частину довгих звивин, кровопостачають кірковоспинальні волокна променистого вінця, ще 45% – її зовнішню частину. В цілому 90% артерій цього типу перфорантних судин кровопостачають кірковоспинальний тракт [3].

Анатомічні дослідження показали, що лентикюлостріарні артерії кровопостачають внутрішню капсулу і базальні ганглії, але не живлять кору острівця, саму зовнішню капсулу, огорожу, де гліоми, ймовірно, і виникають [4]. Зовнішня капсула є умовним кордоном між судинами острівця, котрі кровопостачаються із  $M_2$ -сегмента СМА, та базальними гангліями і внутрішньою капсулою, які кровопостачаються з лентикюлостріарних артерій, які виникають із  $M_1$ -сегмента СМА. Дослідження Ш.Ш. Елиава та співавт. (2005), присвячене особливостям кровопостачання підкіркових гангліїв, показало відсутність функціонально значущих анастомозів між басейном лентикюлостріарних та перфорантних кортикальних артерій острівця [5].

#### Нейровізуалізація лентикюлостріарних артерій та кіркових артерій острівця

Доопераційну ідентифікацію розташування, ходу, розгалуження і ступеня дислокації лентикюлостріарних артерій проводять з використанням цере-



**Рис. 2.** Кровопостачання островця [1]: А – типи перфорантних артерій: близько 85–90% перфорантних артерій є короткими і живлять кору та саму зовнішню капсулу, 10% – середнього розміру і кровопостачають огорожу та зовнішню капсулу, решта є довгими і поширюються до променистого вінця (сг): а – мигдалина; гр – біла куля; р – лушпина; іс – внутрішня капсула; сп – хвостате ядро; ехс – сама зовнішня капсула, ес – зовнішня капсула; Б – зони ризику травмування довгих перфорантних артерій (ділянки кровопостачання кортиконуклеарного та кортикоспинального шляхів); SLS – верхня періінсулярна борозна

бральної цифрової субтракційної ангіографії, комп'ютерно-томографічної ангіографії (КТА), магнітно-резонансної томографії різних модальностей (МРТ).

Вичерпну інформацію про взаємозв'язок пухлини островця з його артеріями надає МРТ. Тривимірна магнітно-резонансна ангіографія (3D-MPT TOF) ефективно та неінвазивно оцінює положення лентикулостріарних артерій щодо гліоми [6–8], що значно зменшує ризик появи післяопераційного неврологічного дефіциту [9–14]. Важливі дані щодо структурно-топографічних особливостей островцевих гліом також можна отримати завдяки 3DT2 та 3DT2-FLAIR-послідовностям інверсії-відновлення з послабленням сигналу від рідини [6, 7]. Є відомості про використання мікродоплерографії для інтраопераційного відстежування лентикулостріарних артерій у режимі реального часу, хоча отримані результати є дискусабельними [11, 12]

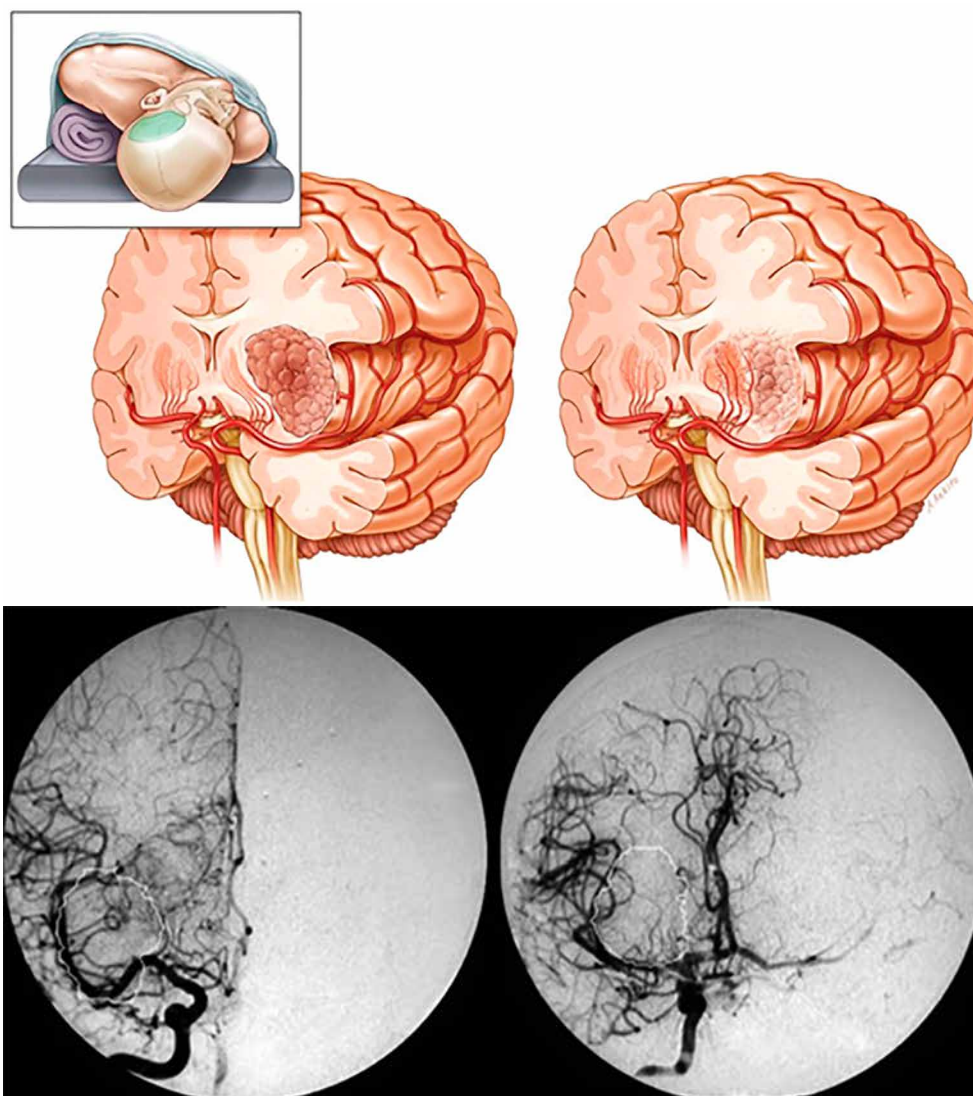
Y.A. Moshel зі співавт. (2008) повідомили про серію із 38 пацієнтів, які були прооперовані з приводу гліом островця з виконанням трансінсулярного доступу [9]. Суміщення зображень доопераційної МРТ пухлини з доопераційними стереотактичними церебральними ангіограмами дало змогу авторам класифікувати ці пухлини на дві групи з урахуванням зв'язку з лентикулостріарними артеріями. До гліом групи I (n=25) віднесено ураження, розташовані латерально щодо лентикулостріарних артерій, які зумовлювали медіальне зміщення цих судин, до гліом групи II (n=13) – ураження, які поширювалися медіально, залучали в свою тканину лентикулостріарні артерії та не спричиняли зміщення цих судин. Погіршення існуючого або поява нового післяопераційного геміпарезу, на думку дослідників, були зумовлені ураженням лентикулостріарних артерій у п'яти пацієнтів. Серед гліом островця груп I та II тотальної, субтотальної і парціальної резекції досягнуто відповідно у 68, 16 і 16 %

та 31, 23 і 46% пацієнтів. Таким чином, латеральне розташування островцевої гліоми щодо лентикулостріарних артерій, що спричиняло медіальне зміщення цих судин, асоціювалося зі сприятливим прогнозом і корелювало з вищою ймовірністю тотальної чи субтотальної резекції порівняно з островцевими гліомами, які поширювалися медіально та охоплювали лентикулостріарні артерії (**Рис. 3**).

A.E. Биканов та співавт. (2015) використовували 3D TOF MRA для оцінки взаємозв'язку лентикулостріарних артерій з гліомами островця [6]. Латеральні та медіальні лентикулостріарні артерії виявлено у 18 із 20 та 19 із 20 пацієнтів відповідно. На думку авторів, 3D TOF MRA є оптимальним засобом візуалізації лентикулостріарних артерій. Дослідники виділили три варіанти росту островцевої гліоми залежно від залучення лентикулостріарних артерій: I тип – обростання без зміщення судин, яке спостерігали у 2 із 15 пацієнтів, II тип – медіальне зміщення без обростання, котре мало місце в 11 із 15 пацієнтів, III тип – обростання судин з їх зміщенням, виявлене у 2 із 15 пацієнтів. У 5 пацієнтів зв'язок між пухлиною та лентикулостріарними артеріями неможливо було оцінити через погану візуалізацію пухлини.

A.S. Rao та співавт. (2018) повідомили про 48 пацієнтів з гліомами островця, яким одночасно проводили 3D-MPT TOF і 3D-реконструктивну інтерференцію в CISS MPT, щоб оцінити взаємозв'язок пухлини із лентикулостріарними артеріями [15]. Поєднання обох способів дало змогу досягти найкращої візуалізації взаємозв'язку пухлини із лентикулостріарними артеріями у 47 із 48 випадків. Гліоми островця, котрі зміщували лентикулостріарні артерії, корелювали з більшим ступенем резекції порівняно з пухлинами, які охоплювали ці судини. Автори зазначили, що поєднання 3D-MPT TOF і 3D-MPT CISS поліпшує оцінку взаємозв'язків пухлина-лентикулостріарні артерії порівняно





**Рис. 3.** Варіанти острівцевих гліом та їх розташування щодо лентикулостріарних артерій [9]. При першому варіанті (ліворуч) лентикулостріарні артерії зміщені медіально пухлинною тканиною, яка займає латеральне положення. Цей варіант пухлини має найсприятливіші анатомічні умови для резекції без ризику виникнення неврологічних ускладнень. Праворуч лентикулостріарні артерії проходять крізь пухлину, оскільки остання поширюється в паренхіму мозку як медіально, так і латерально щодо цих судин. У таких випадках ризик появи неврологічного дефіциту у разі радикального хірургічного втручання є високим

із застосуванням цих методів дослідження окремо. Серед 6 пацієнтів, в яких виявили новий післяопераційний геміпарез, у 2 це було спричинене ятрогенною мікрохірургічною травмою лентикулостріарних артерій.

Наш клінічний досвід хірургічного лікування хворих з гліомами острівця також свідчить про те, що збереження лентикулостріарних артерій – це важлива умова, дотримання якої дає змогу уникнути післяопераційних неврологічних ускладнень при видаленні цих новоутворень. Слід обов'язково до операції встановити місце розташування лентикулостріарних артерій та їх зв'язок з медіальними межами острівцевої пухлини для їх максимального збереження під час операції. Нами встановлено, що 3D TOF на 3 Тл МРТ дає змогу на доопераційному етапі чітко візуалізувати лентикулостріарні артерії та їх взаємозв'язок з межами пухлини. Зміни розташування і ступінь зміщення лентикулостріарних артерій на доопераційних

МР-ангіограмах можна використовувати для прогнозування поширеності пухлини в базальні ганглії, що можна розцінювати як високий ризик імовірності післяопераційного вогнищового неврологічного дефіциту. В клінічній практиці ми намагаємося застосовувати техніку цифрового накладання МР-зображень пухлини на церебральні ангіограми, щоб візуалізувати взаємозв'язок між лентикулостріарними артеріями та медіальними межами пухлини. Такий аналіз можливий при використанні програмного забезпечення нейронавігаційної станції Medtronic Stealth Station.

На доопераційному етапі також слід урахувати анатомічні особливості кортикального кровопостачання острівця, особливо його верхньо-задніх відділів. На думку R. Saito та співавт. (2009), 3D-MPT TOF є ефективним для доопераційної ідентифікації лентикулостріарних артерій, але не довгих перфорантних артерій, які походять з  $M_2$ -сегмента СМА

[8]. M.G. Yaşargil та співавт. (1992) [16] і U. Türe та співавт. (2000) [1] зазначають, що доопераційна ангиографічна ідентифікація перфорантних артерій практично неможлива.

### Хірургічне видалення гліом острівця та необхідність збереження лентикулостріарних та кіркових артерій острівця

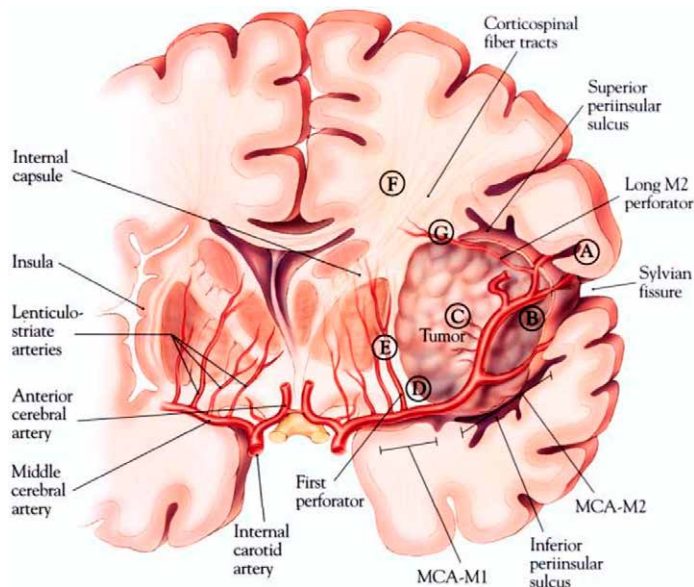
Як зазначено вище, оптимальний хірургічний доступ до гліоми острівця має починатися з дисекції латеральної борозни мозку для візуалізації стовбура СМА та ходу її гілок [18–20]. На думку багатьох дослідників, пряма кортикальна і субкортикальна електрична стимуляція є дуже корисним методом і має рутинно застосовуватися в хірургії острівцевих гліом [17,21], оскільки дає змогу уникнути пошкодження функціонально важливих зон кори мозку і трактів білої речовини, таких як кірковоспинальний, кірковонуклеарний та дугоподібний. Однак Н.А. Duffau (2009) за результатами своїх досліджень ставить під сумнів їх абсолютну ефективність [12–14]. На думку автора, грубий неврологічний дефіцит може бути наслідком травми судин, які кровопостачають певну ділянку, а раптова втрата або значне зменшення амплітуди викликаного потенціалу зазвичай свідчить про те, що відбулося незворотне пошкодження.

S.J. Hentschel та співавт. (2005) пропонують наступним етапом виконувати періінсулярну дисекцію [22]. На рівні верхньої періінсулярної борозни вкрай важливо зберегти перфоранти, які проникають у верхню періінсулярну борозну. Такі можливі усклад-

нення резекції гліоми острівця, як геміпарез і мовна дисфункція, зумовлені не скільки резекцією функціональної тканини всередині острівця, скільки порушенням їх кровопостачання. Автори припускають, що моторний тракт променистого вінця може бути порушений прямим пошкодженням у найглибшій частині верхньої періінсулярної борозни або пошкодженням довгих перфорантних артерій, які її кровопостачають. Дослідники виявили постійну рухову дисфункцію у близько 8% пацієнтів. На думку авторів, афатичні розлади у пацієнтів були спричинені перериванням довгих перфорантних артерій у домінуючій півкулі, які забезпечують живлення дугоподібного пучка.

F.F. Lang та співавт. (2001) також наголошують на необхідності збереження довгих перфорантних артерій. Із 22 пацієнтів, яким було проведено видалення гліом острівця, у 4 виник геміпарез [10], в одному випадку – в результаті пошкодження перфорантних артерій. Дослідники зазначили, що виявлення перфорантних артерій під час операції в патологічній ситуації є складним завданням (Рис. 4).

M.G. Yaşargil та співавт. (2002) [23] і U. Türe та співавт. (1999) [4] рекомендують вкрай обережно проводити деваскуляризацію пухлин шляхом коагуляції коротких і середніх перфорантних артерій, оскільки переривання перфорантних артерій, які проникають у передню частину верхньої періінсулярної борозни, може призвести до виникнення афазії внаслідок ішемічного пошкодження потиличного і дугоподібного пучків у домінуючій півкулі. Автори зазначають, що важко диференціювати короткі,



**Рис. 4.** Хірургічна анатомія острівцевих гліом та причини потенційних ускладнень при їх видаленні [10]: А – лобна покривка може бути травмованою під час дисекції латеральної щілини та наступної тракції; В – гілки  $M_2$  можуть бути приховані в пухлині, оскільки пухлина розширює острівцеві звивини. Ці судини можуть бути ненавмисно коагульовані в разі їх неправильної ідентифікації; С – множинні дрібні судини, котрі відходять з нижньої поверхні гілок  $M_2$  (короткі та середні перфорантні артерії  $M_2$  сегмента), є основним джерелом кровопостачання гліом острівця. Ці судини можуть бути відірвані від  $M_2$ -сегмента, що може призвести до його травмування; D і E – травмування латеральних лентикулостріарних артерій зазвичай призводить до геміплегії, оскільки вони кровопостачають внутрішню капсулу; F – променистий вінець з руховими та сенсорними волокнами може бути пошкоджений на верхньому полюсі пухлини; G – пошкодження довгих перфорантних артерій може призвести до геміпарезу, оскільки вони кровопостачають променистий вінець

середні та довгі перфорантні судини, незважаючи на більший діаметр довгих перфорантних артерій.

Ми погоджуємося із зазначеними авторами і наполягаємо на необхідності враховувати анатомічні особливості кровопостачання острівця при видаленні острівцевих гліом, особливо якщо вони розташовані в його середній та задній частині. Бажано мати доопераційні нейровізуальні дані щодо локалізації цих перфорантних артерій. Досвід роботи рентген-діагностичного відділення нашої клініки свідчить про те, що дуже важко ідентифікувати ці артерії у разі нормальної анатомії. Про можливість дослідження перфорантних артерій за допомогою ангиографії різних модальностей у патологічних ситуаціях, зокрема у випадку острівцевої пухлини, говорити взагалі не доводиться. В літературі відсутні дані щодо інформативності сучасних методів нейровізуалізації перфорантних артерій. Таким чином, результат видалення гліом острівця значною мірою визначається не лише досвідом хірурга, рівнем його мануальних навичок, а і ґрунтовним знанням особливостей артеріального кровопостачання острівця.

Результати численних досліджень показали, що неврологічний статус пацієнтів після резекції острівцевої гліоми безпосередньо пов'язаний з тим, чи залучені лентикюлостріарні артерії в тканину пухлини [12–14,24,25]. M.G. Yaşargil зазначав, що високодиференційовані гліоми анатомічно поширюються в межах лімбічної системи [16] і припускав, що резекція пухлини має завершуватися, коли візуалізуються лентикюлостріарні артерії або інтактна біла речовина, розташована над лушпиною. Автор стверджував, що для безпечної резекції острівцевої пухлини медіальна межа резекції визначається умовною вертикальною площиною, утвореною внутрішньопаренхіматозним ходом лентикюлостріарних артерій. Інтраопераційна ідентифікація лентикюлостріарних артерій в острівці не обов'язково відображує хід проходження лентикюлостріарних артерій, оскільки пухлинна маса часто може медіально змінювати своє положення щодо СМА. Крім того, деякі острівцеві гліоми можуть розташовуватися медіально щодо цих судин.

Y.A. Moshel та співавт. (2008) у серії із 38 гліом острівця виявили, що післяопераційний неврологічний дефіцит у 5 пацієнтів зумовлений залученням лентикюлостріарних артерій у тканину пухлини [9]. За даними методів нейровізуалізації, у цих пацієнтів пухлини охоплювали лентикюлостріарні артерії та мало місце лише мінімальне їх зміщення. Крім того, у пацієнтів були недостатньо виражені межі пухлини на T2-зважених МР-зображеннях. Жоден із пацієнтів із острівцевими гліомами, які локалізувалися латеральніше щодо лентикюлостріарних артерій, не мав післяопераційного неврологічного дефіциту, зумовленого ураженням лентикюлостріарних артерій.

На думку T. Kawaguchi та співавт. (2014) [26] і Sh. Nervev-Jumper (2016) [27], тотальна резекція частіше визначалася на післяопераційних МР-зображеннях, коли пухлини розташовувалися латеральніше щодо лентикюлостріарних артерій, зміщували лентикюлостріарні артерії медіально та мали чітко визначені межі на T2-зважених МР-зображеннях. На відміну від них пухлини, поширені медіальніше щодо лентикюлостріарних артерій, мали нечіткі межі на T2-зважених МР-зображеннях і були видалені в значно менших

об'ємах. Пухлини з чітко вираженою межею на T2-зважених МР-зображеннях, імовірно, мають чітку межу між пухлиною та навколишньою паренхімою. Ці ураження, на думку дослідників, були доступнішими для хірургічного видалення, оскільки мали чітку межу і зазвичай не поширювалися медіальніше на лентикюлостріарні артерії. Автори зазначають, що в таких випадках пухлина зазвичай розтягує і зміщує ці судини у медіальному напрямку. Таке анатомічне розташування знижує ризик травмування лентикюлостріарних артерій під час операції.

Серед наших спостережень гліом острівця 21 пацієнт мав пухлину з інтактними лентикюлостріарними артеріями, 18 – із залученням лентикюлостріарних артерій у тканину пухлини. У 2 представників останньої групи спостерігали післяопераційний геміпарез. Отримані результати засвідчили, що у разі пухлин із залученням лентикюлостріарних артерій тотальна резекція не може бути досягнута без появи моторної дисфункції.

Таким чином, обов'язково слід проводити доопераційну ідентифікацію місця розташування острівцевих артерій та їх топографоанатомічні співвідношення з медіальними межами гліоми для їх збереження під час операції. При виконанні трансінсулярного доступу, особливо на етапі проксимальної дисекції латеральної щілини мозку, слід звертати увагу на збереження перфорантних артерій, які походять з M<sub>2</sub>-сегмента СМА, M<sub>3</sub>-сегмента та переходу M<sub>2</sub>-сегмента в M<sub>3</sub>, особливо, якщо вони проникають у верхню частину коротких звивин острівця і верхню періінсулярну борозну (щоб уникнути парезу лицевого нерва) та у верхню частину довгих звивин та верхню періінсулярну борозну (щоб уникнути рухового дефіциту).

З огляду на більший діаметр лентикюлостріарних артерій порівняно з перфорантними артеріями вже на доопераційному етапі завдяки можливостям сучасних методів нейровізуалізації можна отримати уявлення про їх взаємозв'язок з гліомами острівця. Оцінку взаємозв'язку гліома-лентикюлостріарні артерії можна вважати предиктором радикальності хірургічного втручання. Крім того, існує можливість інтраопераційного контролю положення цих артерій, що зменшує ймовірність розвитку післяопераційного неврологічного дефіциту.

Субкортикальну резекцію гліоми острівця слід проводити між гілками M2-сегмента СМА та кірковою зоною входу довгих перфорантних артерій зверху до рівня розташування лентикюлостріарних артерій у тканині мозку/пухлини медіально. У разі сумнівів під час ідентифікації перфорантних чи лентикюлостріарних артерій в операційній рані найкращим рішенням при видаленні гліоми острівця є дотримання принципу обґрунтованого радикалізму.

### Висновки

Результат видалення гліом острівця значною мірою залежить від наявності та застосування новітніх нейрохірургічних технологій і доопераційного визначення особливостей артеріального кровопостачання острівця. Значна частина випадків післяопераційного неврологічного дефіциту після резекції гліом острівця зумовлена пошкодженням під час хірургічного втручання лентикюлостріарних та/або перфорантних артерій.

Групу ризику становлять пацієнти з острівцевою гліомою, яка поширюється медіально в базальні



ганглії, охоплює лентикулостріарні артерії, погано відмежована від нормальної паренхіми мозку на T2-зважених МР-зображеннях і спричиняє мінімальне зміщення лентикулостріарних артерій. Агресивна резекція в таких випадках може призвести до грубого вогнищового неврологічного дефіциту.

При виконанні трансінсулярного доступу слід урахувувати ризик пошкодження довгих перфорантних артерій, які проникають у мозкову тканину у верхньо-задніх відділах острівця та прилеглий частині верхньої періінсулярної борозни. Обмежені можливості доопераційного нейровізуального дослідження перфорантних артерій суттєво ускладнюють завдання хірурга зберегти ці судини, а отже, зумовлюють додатковий ризик отримати новий післяопераційний руховий дефіцит або порушення мови.

### Розкриття інформації

#### Конфлікт інтересів

Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

#### Етичні норми

Ця стаття являє собою огляд літератури, тому схвалення етичного комітету не було потрібно.

#### Фінансування

Дослідження не мало спонсорської підтримки.

### References

- Türe U, Yaşargil MG, Al-Mefty O, Yaşargil DC. Arteries of the insula. *J Neurosurg.* 2000 Apr;92(4):676-87. doi: 10.3171/jns.2000.92.4.0676. PMID: 10761659.
- Delion M, Mercier P. Microanatomical study of the insular perforating arteries. *Acta Neurochir (Wien).* 2014 Oct;156(10):1991-7; discussion 1997-8. doi: 10.1007/s00701-014-2167-9. PMID: 24986536.
- Tanriover N, Rhoton AL Jr, Kawashima M, Ulm AJ, Yasuda A. Microsurgical anatomy of the insula and the sylvian fissure. *J Neurosurg.* 2004 May;100(5):891-922. doi: 10.3171/jns.2004.100.5.0891. PMID: 15137609.
- Türe U, Yaşargil DC, Al-Mefty O, Yaşargil MG. Topographic anatomy of the insular region. *J Neurosurg.* 1999 Apr;90(4):720-33. doi: 10.3171/jns.1999.90.4.0720. PMID: 10193618.
- Eliava ShSh. [Microsurgical angioarchitectonics of depth structures of the brain and depth interarterial anastomoses]. *Zh Vopr Neurokhir Im N N Burdenko.* 2005 Oct-Dec;(4):3-7; discussion 8. Russian. PMID: 16404957.
- Bykanov AE, Pitskhelauri DI, Pronin IN, Tonoyan AS, Kornienko VN, Zakharova NE, Turkin AM, Sanikidze AZ, Shkarubo MA, Shkatova AM, Shults EI. 3D-TOF MR-angiography with high spatial resolution for surgical planning in insular lobe gliomas. *Zh Vopr Neurokhir Im N N Burdenko.* 2015;79(3):5-14. English, Russian. doi: 10.17116/neiro20157935-14. PMID: 26529529.
- Jakola AS, Berntsen EM, Christensen P, Gulati S, Unsgård G, Kvistad KA, Solheim O. Surgically acquired deficits and diffusion weighted MRI changes after glioma resection—a matched case-control study with blinded neuroradiological assessment. *PLoS One.* 2014 Jul 3;9(7):e101805. doi: 10.1371/journal.pone.0101805. PMID: 24992634; PMCID: PMC4081783.
- Saito R, Kumabe T, Inoue T, Takada S, Yamashita Y, Kanamori M, Sonoda Y, Tominaga T. Magnetic resonance imaging for preoperative identification of the lenticulostriate arteries in insular glioma surgery. Technical note. *J Neurosurg.* 2009 Aug;111(2):278-81. doi: 10.3171/2008.11.JNS08858. PMID: 19301963.
- Moshel YA, Marcus JD, Parker EC, Kelly PJ. Resection of insular gliomas: the importance of lenticulostriate artery position. *J Neurosurg.* 2008 Nov;109(5):825-34. doi: 10.3171/JNS/2008/109/11/0825. PubMed PMID: 18976071.
- Lang FF, Olansen NE, DeMonte F, Gokaslan ZL, Holland EC, Kalhorn C, Sawaya R. Surgical resection of intrinsic insular tumors: complication avoidance. *J Neurosurg.* 2001 Oct;95(4):638-50. doi: 10.3171/jns.2001.95.4.0638. PMID: 11596959.
- Šteňo A, Jezberová M, Hollý V, Timárová G, Šteňo J. Visualization of lenticulostriate arteries during insular low-grade glioma surgeries by navigated 3D ultrasound power Doppler: technical note. *J Neurosurg.* 2016 Oct;125(4):1016-1023. doi: 10.3171/2015.10.JNS151907. PMID: 26848921.
- Duffau H, Capelle L, Lopes M, Faillot T, Sichez JP, Fohanno D. The insular lobe: physiopathological and surgical considerations. *Neurosurgery.* 2000 Oct;47(4):801-10; discussion 810-1. doi: 10.1097/00006123-200010000-00001. PMID: 11014418.
- Duffau H. A personal consecutive series of surgically treated 51 cases of insular WHO Grade II glioma: advances and limitations. *J Neurosurg.* 2009 Apr;110(4):696-708. doi: 10.3171/2008.8.JNS08741. Erratum in: *J Neurosurg.* 2011 May;114(5):1486. PMID: 19133753.
- Duffau H, Taillandier L, Gatignol P, Capelle L. The insular lobe and brain plasticity: Lessons from tumor surgery. *Clin Neurol Neurosurg.* 2006 Sep;108(6):543-8. doi: 10.1016/j.clineuro.2005.09.004. PMID: 16213653.
- Rao AS, Thakar S, Sai Kiran NA, Aryan S, Mohan D, Hegde AS. Analogous Three-Dimensional Constructive Interference in Steady State Sequences Enhance the Utility of Three-Dimensional Time of Flight Magnetic Resonance Angiography in Delineating Lenticulostriate Arteries in Insular Gliomas: Evidence from a Prospective Clinico-radiologic Analysis of 48 Patients. *World Neurosurg.* 2018 Jan;109:e426-e433. doi: 10.1016/j.wneu.2017.09.199. PMID: 29017985.
- Yaşargil MG, Reeves JD. Tumours of the limbic and paralimbic system. *Acta Neurochir (Wien).* 1992;116(2-4):147-9. doi: 10.1007/BF01540867. PMID: 1502948.
- Kumabe T, Nakasato N, Suzuki K, Sato K, Sonoda Y, Kawagishi J, Yoshimoto T. Two-staged resection of a left frontal astrocytoma involving the operculum and insula using intraoperative neurophysiological monitoring—case report. *Neurol Med Chir (Tokyo).* 1998 Aug;38(8):503-7. doi: 10.2176/nmc.38.503. PMID: 9780650.
- Hervey-Jumper SL, Berger MS. Insular glioma surgery: an evolution of thought and practice. *J Neurosurg.* 2019 Jan 1;130(1):9-16. doi: 10.3171/2018.10.JNS181519. PMID: 30611160.
- Ribas EC, Yagmurlu K, Wen HT, Rhoton AL Jr. Microsurgical anatomy of the inferior limiting insular sulcus and the temporal stem. *J Neurosurg.* 2015 Jun;122(6):1263-73. doi: 10.3171/2014.10.JNS141194. PMID: 25859806.
- Vanaeloch V, Sáiz-Sapena N, García-Casasola C. Surgical treatment of insular gliomas. *Acta Neurochir (Wien).* 1997;139(12):1126-34; discussion 1134-5. doi: 10.1007/BF01410972. PMID: 9479418.
- Neuloh G, Pechstein U, Schramm J. Motor tract monitoring during insular glioma surgery. *J Neurosurg.* 2007 Apr;106(4):582-92. doi: 10.3171/jns.2007.106.4.582. PMID: 17432707.
- Hentschel SJ, Lang FF. Surgical resection of intrinsic insular tumors. *Neurosurgery.* 2005 Jul;57(1 Suppl):176-83; discussion 176-83. doi: 10.1227/01.neu.0000163603.70972.ab. PMID: 15987586.
- Yaşargil MG, Krisht AF, Türe U, Al-Mefty O, Yaşargil DC. Microsurgery of Insular Gliomas: Part I—Surgical Anatomy of the Sylvian Cistern. *Contemporary Neurosurgery.* 2017 Jul 30;39(11):1-8. doi: 10.1097/01.CNE.0000522112.96155.33.
- Marinkovic S, Gibo H, Milisavljevic M, Cetkovic M. Anatomic and clinical correlations of the lenticulostriate arteries. *Clin Anat.* 2001 May;14(3):190-5. doi: 10.1002/ca.1032. PMID: 11301466.
- Rey-Dios R, Cohen-Gadol AA. Technical nuances for surgery of insular gliomas: lessons learned. *Neurosurg Focus.* 2013 Feb;34(2):E6. doi: 10.3171/2012.12.FOCUS12342. PMID: 23373451.
- Kawaguchi T, Kumabe T, Saito R, Kanamori M, Iwasaki M, Yamashita Y, Sonoda Y, Tominaga T. Practical surgical indicators to identify candidates for radical resection of insulo-oculopercular gliomas. *J Neurosurg.* 2014 Nov;121(5):1124-32. doi: 10.3171/2014.7.JNS13899. PMID: 25127416.
- Hervey-Jumper SL, Li J, Lau D, Molinaro AM, Perry DW, Meng L, Berger MS. Awake craniotomy to maximize glioma resection: methods and technical nuances over a 27-year period. *J Neurosurg.* 2015 Aug;123(2):325-39. doi: 10.3171/2014.10.JNS141520. PMID: 25909573.