

Оглядова стаття = Review article = Обзорная статья

УДК 616.831-006-089.12

Ендоскоп-асистована хірургія пухлин глибинних відділів головного мозку

Розуменко В.Д., Розуменко А.В.

Відділення внутрішньомозкових пухлин, Інститут нейрохірургії ім. акад. А.П. Ромоданова НАМН України, Київ, Україна

Надійшла до редакції 30.05.16.
Прийнята до публікації 17.06.16.

Адреса для листування:

Розуменко Артем Володимирович,
Відділення внутрішньомозкових пухлин, Інститут нейрохірургії ім. акад. А.П. Ромоданова,
вул. Платона Майбороди, 32,
Київ, Україна, 04050, e-mail:
dr.rozumenko@gmail.com

Розглянуті питання застосування ендоскопічних методик в хірургії внутрішньомозкових пухлин. Наведені дані літератури про результати клінічних досліджень з використання ендоскопічної асистенції у нейроонкології. Визначені переваги клінічного застосування ендоскопічних методик, шляхи забезпечення ефективності ендоскоп-асистованих нейрохірургічних втручань та перспективи подальшого розвитку нейроендоскопії.

Ключові слова: внутрішньомозкові пухлини; нейроендоскопія; ендоскопічна асистенція.

Український нейрохірургічний журнал. — 2016. — №3. — С.5-8.

Endoscope-assisted surgery of deep-seated brain tumors

Volodymyr Rozumenko, Artem Rozumenko

Department of Intracerebral Tumors,
Romodanov Neurosurgery Institute,
Kiev, Ukraine

Received, May 30, 2016.
Accepted, June 17.06.16.

Address for correspondence:

Artem Rozumenko, Department of
Intracerebral Tumors, Romodanov
Neurosurgery Institute, 32 Platona
Mayborody St, Kiev, Ukraine, 04050,
e-mail: dr.rozumenko@gmail.com

The use of endoscopic procedures in surgery intrinsic tumors and results of clinical studies on the use of endoscopic assistance in neurooncology were discussed. Also the certain advantages of clinical application of endoscopic techniques, ways to ensure the effectiveness of the endoscope-assisted neurosurgery and prospects of further development of neuroendoscopy were identified.

Key words: intrinsic brain tumor; neuroendoscopy; endoscopic-assistance.

Ukrainian Neurosurgical Journal. 2016;(3):5-8.

Эндоскоп-ассистированная хирургия опухолей глубинных отделов головного мозга

Розуменко В.Д., Розуменко А.В.

Отделение внутримозговых опухолей, Институт нейрохирургии им. акад. А.П. Ромоданова НАМН Украины, Киев, Украина

Поступила в редакцию 30.05.16.
Принята к публикации 17.06.16.

Адрес для переписки:

Розуменко Артем Владимирович,
Отделение внутримозговых опухолей, Институт нейрохирургии им. акад. А.П. Ромоданова,
ул. Платона Майбороды, 32,
Киев, Украина, 04050, e-mail:
dr.rozumenko@gmail.com

Рассмотрены вопросы применения эндоскопических методик в хирургии внутримозговых опухолей. На основе анализа данных литературы приведены результаты клинических исследований, посвященных использованию эндоскопической ассистенции в нейроонкологии. Отмечены определенные преимущества клинического применения эндоскопических методик, пути обеспечения эффективности эндоскоп-ассистированных нейрохирургических вмешательств, перспективы дальнейшего развития нейроэндоскопии.

Ключевые слова: внутримозговые опухоли; нейроэндоскопия; эндоскопическая ассистенция.

Украинский нейрохирургический журнал. — 2016. — №3. — С.5-8.

Хірургічне лікування з приводу пухлин глибинних відділів головного мозку (ГМ), що поширюються у базальні ядра, характеризуються інтравентрикулярним ростом, супроводжується високим ризиком виникнення неврологічних розладів, погіршенням якості життя хворих після операції. Незадовільні результати пов'язані в основному з анатомічною близькістю життєво важливих цереброваскулярних структур та інвазивним ростом пухлин, що унеможлиблює не тільки радикальне видалення пухлини, а й застосування атравматичного хірургічного доступу [1–3].

В останні роки покращення прогнозу при пухлинах глибинних відділів півкуль ГМ пов'язують з удосконаленням методик візуалізації та ідентифікації зони росту пухлини завдяки використанню МР-спектроскопії, дифузійно- і перфузійно зваженої МРТ, мультимодальних апаратів ПЕТ/КТ, а також впровадженню новітніх методів ад'ювантного лікування, зокрема, брахітерапії та радіохірургії. В той же час, на етапі хірургічного лікування пухлин глибинних відділів ГМ не вирішені питання функціонально дозволеного обсягу резекції, оптимізації хірургічного доступу та технічного забезпечення операції [1–4].

Розвиток нейроендоскопії є прямим відображенням філософії мініінвазивності у нейрохірургії, що передбачає зменшення хірургічної травматизації завдяки забезпеченню високої точності та застосуванню щадних технологій хірургічного впливу з огляду на особливості мікрохірургічної анатомії нервової системи.

Після першого успішного досвіду виконання ендоскопічних операцій (Protz, 1974; Aruzzo, 1977; Orrel, 1981) подальше впровадження ендоскопії в нейрохірургічну практику було прямо пов'язане з еволюцією ендоскопічного обладнання, а саме, появою оптичних систем з гнучкими світловодами і ширококутними лінзами, вдосконаленням систем освітлення, а також адаптованих апаратів високочастотної і лазерної коагуляції. Ключовим етапом у розвитку нейроендоскопії стала доступність мінімізованих систем відеоспостереження та нейронавігації, що значно підвищило безпечність та ефективність ендоскопічних операцій шляхом забезпечення інтраопераційного орієнтування і точного контролю хірургічних маніпуляцій [1, 4].

Так само, як нейромікрохірургія передбачає не лише використання мікроскопа для візуалізації хірургічного поля, а й відповідні мікрохірургічні інструментів, "повна" нейроендоскопія поєднує застосування ендоскопа і спеціальних ендоскопічних інструментів, що вводять через порти ендоскопа. Це накладає певні обмеження на широке використання трансендоскопічної нейрохірургії як альтернативи мікрохірургії під час виконання нейроонкологічних втручань, які, у свою чергу, поряд з мініінвазивністю, передбачають радикальне видалення пухлин та забезпечення тотального гемостазу. При цьому нейроендоскопія є найбільш прийнятною з інтравентрикулярних процедур при оклюзійній гідроцефалії, біопсії внутрішньошлуночкових пухлин або хірургії кістозних новоутворень. Попри мініінвазивність, трансендоскопічні втручання з видалення внутрішньошлуночкових пухлин не дозволили уникнути неврологічних та геморагічних ускладнень [2-4].

Вирішенням питання щодо адекватного інструментального забезпечення втручань з приводу пухлин глибинних відділів ГМ стало комбіноване використання мікрохірургічних та ендоскопічних методик — ендоскоп-асистована нейрохірургія. При цьому мікрохірургічні операції, під час яких ендоскоп періодично застосовують для огляду прихованих зон операційного поля за межами прямої візуалізації або оцінки хірургічної ситуації, відносять до ендоскоп-контрольованих втручань, а операції, де єдиним засобом візуалізації є ендоскоп, а маніпуляції здійснюють за допомогою мікрохірургічних інструментів, відносять до ендоскопічної мікрохірургії [4].

Професора А. Perneczky вважають одним з розробників та популяризаторів концепції „keyhole” нейрохірургії, основною метою якої, за висловом автора, є вибір та здійснення «найбільш ідеального доступу» залежно від топографоанатомічних особливостей ГМ пацієнта, досвіду і професіоналізму хірурга. Реалізація концепції „keyhole” нейрохірургії стала можливою завдяки заміні мікроскопа на ендоскоп, що дозволило покращити візуалізацію глибинних ділянок хірургічної рани та мінімізувати хірургічні доступи, при цьому всі хірургічні маніпуляції залишилися бімануальними, їх здійснювали з використанням адаптованих мікрохірургічних інструментів [4].

З переваг застосування ендоскоп-асистованої техніки ключовою є можливість забезпечення оптимального освітлення, незалежно від глибини хірургічної рани, збільшення деталізації та кутів огляду анатомічних структур. Для забезпечення цього під час ендоскопічної асистенції в нейроонкології застосовують

переважно жорсткі ендоскопи з робочою довжиною до 18 см, діаметром 2,7 або 4,0 мм. Від діаметра ендоскопа безпосередньо залежать якість зображення і освітленість операційного поля. Проте, слід мати на увазі, що менший діаметр ендоскопа дозволяє вільніше маніпулювати мікроінструментами у хірургічному каналі. Ендоскопи з кутом спостереження 0° забезпечують прямий огляд операційного поля, ендоскопи з кутом спостереження 30° — допомагають візуалізувати приховані ділянки операційного поля, тобто, «зазирнути за кут». Ендоскопи з великим кутом спостереження (70 і 90°) використовують у виняткових ситуаціях, оскільки можливі дезорієнтація хірурга і помилкове уявлення про справжню локалізацію структур в операційному полі. У теперішній час доступні ендоскопи, у яких кут спостереження можна змінювати у широкому діапазоні — від 0 до 120°. Також запропоновані різні пристрої для жорсткої фіксації ендоскопів до операційного столу — „arm holder”, що забезпечують можливість звільнити руки хірурга для здійснення бімануальних маніпуляцій і, за необхідності, швидко змінювати положення ендоскопа під час використання фіксаторів з пневматичним принципом дії [4, 5].

До новітніх розробок засобів візуалізації операційного поля відносять екзоскопи, які позиціонують як перехідну ланку між мікроскопом та ендоскопом. Конструкція екзоскопа подібна до такої типових жорстких ендоскопів, проте, не потребує розташування безпосередньо у рановому каналі, його можна встановити на відстані 25–60 см від зони втручання, він забезпечує високий ступінь збільшення за значної глибини чіткості, а також високий рівень контрастності зображення. Завдяки екстракорпоральному розташуванню екзоскоп не заважає здійсненню хірургічних маніпуляцій, дозволяє уникнути конфлікту інструментів у рані під час виконання мініінвазивних втручань. Розроблені та проходять клінічне випробування прототипи гнучких екзоскопів, що дають можливість передачі стереозображення [6–9]. Прототипи гнучких екзоскопів мають високу роздільну здатність, широкий діапазон глибини різкості, довільний вибір положення та високу мобільність, можлива інтеграція з нейронавігацією [10].

Виконання нейроендоскопічних втручань передбачає наявність простору для здійснення маніпуляцій з ендоскопом, що пояснює традиційний погляд на нейроендоскопію як на «хірургію порожнинних утворень». Проте, під час ендоскопічних мікрохірургічних втручань з приводу пухлин паренхіматозних органів для всіх хірургічних маніпуляцій є канал від транскортикального доступу до новоутворення, тобто, порожнина, створена ятрогенно. При транскортикальному або транскальозному доступі значна глибина хірургічного каналу зумовлює зменшення простору для маневрування хірургічними інструментами для видалення пухлин, що поширюються у медіанні структури ГМ. При цьому ризик виникнення післяопераційного дефіциту пов'язаний не тільки з близькістю життєво важливих нейроваскулярних структур у глибині рани, а й з десекцією білої речовини ГМ на значній відстані [1, 2, 6].

Для забезпечення умов здійснення хірургічних маніпуляцій у глибинних відділах ГМ запропоновані різноманітні ретрактори тубулярного (циліндричного) типу. Завдяки рівномірному розподілу тиску тубулярні ретрактори дозволяють уникнути механічної травматизації речовини ГМ та попередити супутні гемодинамічні розлади, які виникають у 5–10% спостережень при застосуванні пласких ретракторів. Перші такі ретрактори були діаметром до 30 мм, їх застосовували для

стереоскопічного доступу і мікроскопічного видалення пухлин глибинних відділів ГМ. У подальшому були розроблені тубулярні ретрактори з прозорого пластику — ендопорти з зовнішнім діаметром 8–18 мм для видалення внутрішньомозкових гематом, біопсії або резекції внутрішньомозкових пухлини з ендоскопічним та мікроскопічним контролем [1, 6].

Приклади вдалого використання техніки ендопорта для видалення внутрішньомозкових та внутрішньошлункових новоутворень наведені групою дослідників під керівництвом А. Kassam [7, 11]. За систематизованими даними авторів, використання ендопортів під час видалення внутрішньомозкових пухлин забезпечувало захист речовини ГМ від ушкодження при введенні інструментів та здійсненні інтраканальних маніпуляцій, а також дозволило виконати резекції пухлини з використанням субкортикального доступу, меншого за площею, ніж проекція пухлини. Крім того, застосування ендопорта попереджало інтраопераційне розширення каналу субкортикального доступу та сприяло щадній дисекції волокон білої речовини ГМ. Завдяки використанню техніки ендопорта вдалося значно мінімізувати хірургічний доступ. Зокрема, діаметр трепанційного вікна, достатній для здійснення хірургічних маніпуляцій, не перевищував 30 мм, зони кортикотомії — 5–6 мм [1, 7].

За результатами хірургічного лікування 21 хворого з приводу новоутворення субкортикальної локалізації з використанням жорсткого ендоскопа, в усіх досягнуте тотальне або субтотальне видалення пухлини. Після операції неврологічних та геморагічних розладів не було [11].

З 20 хворих з новоутвореннями паравентрикулярної локалізації, а також пухлинами у проекції III та бічних шлуночків, тотальне видалення здійснене у 17, у 3 з них виникли транзиторні неврологічні розлади [6].

Визначені прогностичні фактори, що визначали результати лікування з ендоскопічним видаленням пухлин глибинних відділів ГМ [12]. Це, зокрема, розміри та локалізація пухлини, консистенція тканини пухлини, адекватність хірургічної траєкторії дії. За діаметра пухлини 3 см і більше, наявності кальцинатів, а також гіперваскуляризації тканини пухлини виконання тотальної резекції обмежене, потрібно було неодноразово змінювати положення ендопорта. Використання ендоскопа для інтраопераційної візуалізації забезпечувало оптимальне збільшення, освітлення та деталізацію операційного поля, а техніка встановлення ендопорта допомагала здійснювати бімануальні маніпуляції та мінімізувати травматизацію прилеглої тканин ГМ [12,13].

Вивчено ефективність мікроскопічної та ендоскопічної візуалізації з застосуванням ендопорта при внутрішньомозкових пухлинах [14]. Основними передумовами застосування техніки ендопорта були глибинна локалізація пухлин (базальні ядра, система шлуночків, парастовбурова ділянка) та гістобіологічні характеристики вогнища, зокрема, наявність, за даними передопераційної візуалізації, ознак низького ступеня васкуляризації та щільності вогнища. З метою безпечного використання ендопорта вважали за необхідне перед операцією планування з ретельною визначенням точки входу та напрямку хірургічної траєкторії, а також забезпечення безперервного нейронавігаційного контролю положення ендопорта для уникнення значного зміщення його дистального кінця.

Найбільше за кількістю хворих дослідження присвячене результатам хірургічного лікування внутрішньомозкових пухлин з використанням ендоскоп-асистованої хірургії [15]. У дослідження включені 48 хворих

з супра- та субтенторіальними пухлинами, переважно анапластичними гліомами (у 28) та метастазами (у 12). Загалом виконані 50 хірургічних втручань, при яких єдиним методом візуалізації був ендоскопічний. Тотальне видалення пухлин здійснене у 48% хворих, ще у 22% — обсяг резекції становив близько 95%. Тотальне видалення анапластичних гліом досягнуте у 50% хворих, гліобластом — у 29%, що зіставне з результатами інших авторів при застосуванні стандартної мікроскопічної візуалізації та техніки. При цьому лише в одного хворого після операції виник неврологічний дефіцит внаслідок інтраопераційної кровотечі, у 3 — інфекційні ускладнення.

З особливостей наведеної авторами техніки видалення пухлин слід зазначити використання ендоскопа з кутом спостереження 30° без жорсткої фіксації, як основні інструменти під час резекції одномоментно застосовували ультразвуковий та звичайний аспіратори. Використання ендоскопа з кутом спостереження 30° сприяло покращенню контролю за хірургічними маніпуляціями та якістю гемостазу внаслідок доступності для візуалізації латеральних ділянок хірургічної порожнини. При цьому зміна положення ендоскопа асистентом забезпечувала відчуття глибини двовимірної зображення операційного поля на моніторі завдяки ефекту паралакса. Ці нововведення стали основними передумовами, що дозволили видалити великі пухлини через мініінвазивні доступи. Також автори відмовилися від використання ендопортів на користь суцільного вистилання хірургічного каналу "Surgicel", пояснюючи це тим, що ендопорти певною мірою обмежують маніпуляції та не позбавлені ризику спричинити набряк або ішемічні розлади [15].

У коментарі Н. Duffau [16] на роботу Р. Plaha та співавторів [15], попри критичні зауваження, визначені перспективність та необхідність впровадження подібних мініінвазивних методик у хірургію гліом. При цьому наголошено, що доцільність застосування методик ендоскопічного видалення внутрішньомозкових пухлин має бути забезпечена можливістю досягнення радикальної резекції за умови забезпечення високих показників якості життя оперованих хворих.

З метою контролю радикальності операцій з використанням ендоскоп-асистованої техніки з приводу внутрішньомозкових пухлин запропоновано методику інтраопераційної флуоресценції. Проведення інтраопераційної флуоресценції з використанням 5-амінолевулінової кислоти при злоякісних гліомах глибинної локалізації дозволило ідентифікувати залишені частини пухлин під ендоскопічним контролем, що було неможливе за звичайної мікроскопічної візуалізації [17].

У дослідженнях, присвячених ендоскопічній мікрохірургії пухлин ГМ, особливу увагу приділено плануванню хірургічного втручання та інтраопераційному використанню системи нейронавігації [6, 12, 13]. Вперше інтеграція ендоскопа з системою хірургічної навігації здійснена N. Norf та співавторами у 1999 р. [18]. У подальшому відзначені переваги планування ендоскопічного хірургічного втручання з використанням навігаційної станції на підставі даних фМРТ та МР-трактографії. Це дозволяло локалізувати функціонально важливі зони кори великого мозку та субкортикальні тракти і на підставі цього визначити безпечну траєкторію хірургічного доступу. Інтраопераційне застосування системи нейронавігації допомагало оптимізувати краніотомію та обрати ділянку транскортикального доступу, а також контролювати положення ендопорта та ендоскопа.

Наступний етап розвитку нейроендоскопічних технологій пов'язують з подальшою мінімізацією

оптичних систем і широким впровадженням стереоскопічної ендоскопії, що надає 3D-зображення операційного поля, а також більш глибокою інтеграцією ендоскопів зі станціями передопераційного віртуального планування і інтраопераційної МРТ, що спрямоване на полегшення орієнтування і підвищення контролю над хірургічною ситуацією. Перспективним є пошук нових джерел освітлення, зокрема, на основі потужних діодів з змінюваним спектром випромінювання з метою інтраопераційної флуоресцентної візуалізації. При цьому можливість трансендоскопічного лазерного опромінення ідентифікованих ділянок пухлини дозволить проводити прицільну фотодинамічну терапію.

Залучення ендоскопічних технологій у хірургію внутрішньомозкових пухлин ефективно, надає широкі можливості й перспективи для подальшого використання за наявності пухлин, що уражують глибокі відділи ГМ.

Список литературы

- Endoneurosurgical resection of intraventricular and intraparenchymal lesions using the port technique / N. McLaughlin, D. Prevedello, J. Engh, D. Kelly, A. Kassam // World Neurosurg. — 2013. — V.79, N2. — P.1–8.
- Barber S. Neuroendoscopic resection of intraventricular tumors: a systematic outcomes analysis / S. Barber, L. Rangel-Castilla, D. Baskin // Min. Invas. Surg. — 2013. — V.2013. — P.1–12.
- Sheikh A. Endoscopic versus microsurgical resection of colloid cysts: a systematic review and meta-analysis of 1278 patients / A. Sheikh, Z. Mendelson, J. Liu // World Neurosurg. — 2014. — V.82, N6. — P.1187–1197.
- Keyhole approaches in neurosurgery / A. Perneczky, R. Reisch, M. Tschabitscher, S. Kindel. — Wien: Springer; 2008. — 310 p.
- Shahinian H. Endoscopic skull base surgery/ H. Shahinian. [Електронний ресурс]. Totowa, N.J.: Humana; 2008. — Режим доступу: <http://dx.doi.org/10.1007/978-1-59745-340-0>.
- Minimally invasive transsulcal resection of intraventricular and periventricular lesions through a tubular retractor system: multicentric experience and results / J.K. Eliyas, R. Glynn, C.G. Kulwin, R. Rovin, R. Young, J. Alzate, G. Pradilla, M.V. Shah, A. Kassam, I. Ciric, J. Bailes // World Neurosurg. — 2016. — V.90. — P.556–564.
- Completely endoscopic resection of intraparenchymal brain tumors / A. Kassam, J. Engh, A. Mintz, D. Prevedello // J. Neurosurg. — 2009. — V.110, N1. — P.116–123.
- Fluorescence-guided surgery and biopsy in gliomas with an exoscope system / J. Piquer, J. Llacer, V. Rovira, P. Riesgo, R. Rodriguez, A. Cremades // BioMed. Res. Internat. — 2014. — V.2014. — P.1–6.
- Наш опыт использования эндоскопа в церебральной нейрохирургии / Н.А. Гук, П.Н. Плавский, В.А. Яцук, В.В. Кондратюк, А.О. Мумлев // Укр. журн. малінваз. ендоск. хірургії. — 2015. — Т.19, №2–3. — С.15–18.
- Nishiyama K, A novel three-dimensional and high-definition flexible scope / K. Nishiyama, Y. Natori, K. Oka // Acta Neurochir. — 2013. — V.156, N6. — P.1245–1249.
- Completely endoscopic resection of intraparenchymal brain tumors / A. Kassam, J. Engh, A. Mintz, D. Prevedello // J. Neurosurg. — 2009. — V.110, N1. — P.116–123.
- Efficacy of endoport-guided endoscopic resection for deep-seated brain lesions / K. Jo, H. Shin, D. Nam, J.I. Lee, K. Park, J.H. Kim, D.S. Kong // Neurosurg. Rev. — 2011. — V.34, N4. — P.457–463.
- Rigid endoscopic resection of deep-seated or intraventricular brain tumors / Y. Akiyama, M. Wanibuchi, T. Mikami, Y. Horita, K. Komatsu, K. Suzuki, S. Otaki, N. Mikuni // Neurol. Res. — 2014. — V.37, N3. — P.278–282.
- Hong C. Comparison of endoscope- versus microscope-assisted resection of deep-seated intracranial lesions using a minimally invasive port retractor system / C. Hong, D. Prevedello, J. Elder // J. Neurosurg. — 2016. — V.124, N3. — P.799–810.
- Minimally invasive endoscopic resection of intraparenchymal brain tumors / P. Plaha, L. Livermore, N. Voets, E. Pereira, S. Cudlip // World Neurosurg. — 2014. — V.82, N6. — P.1198–1208.
- Duffau H. Is there a place for endoscopy in glioma surgery? / H. Duffau // World Neurosurg. — 2014. — V.82, N6. — P.1020–1022.
- Endoscopic-assisted visualization of 5-aminolevulinic acid-induced fluorescence in malignant glioma surgery: a technical note / M. Rapp, M. Kamp, H. Steiger, M. Sabel // World Neurosurg. — 2014. — V.82, N1–2. — P.277–279.
- Frameless neuronavigation applied to endoscopic neurosurgery / N.J. Hopf, P. Grunert, K. Darabi, C. Busert, M. Bettag // Minim. Invas. Neurosurg. — 1999. — V.42, N4. — P.187–193.

References

- McLaughlin N, Prevedello D, Engh J, Kelly D, Kassam A. Endoneurosurgical resection of intraventricular and intraparenchymal lesions using the port technique. World Neurosurg. 2013;79(2):S18.e1-e8. doi:10.1016/j.wneu.2012.02.022. PMID:22381841.
- Barber S, Rangel-Castilla L, Baskin D. Neuroendoscopic resection of intraventricular tumors: a systematic outcomes analysis. Min Invas Surg. 2013;2013:1-12. doi:10.1155/2013/898753. PMID:24191196.
- Sheikh A, Mendelson Z, Liu J. Endoscopic versus microsurgical resection of colloid cysts: a systematic review and meta-analysis of 1278 patients. World Neurosurg. 2014;82(6):1187-97. doi:10.1016/j.wneu.2014.06.024. PMID:24952223.
- Perneczky A, Reisch R, Tschabitscher M, Kindel S. Keyhole approaches in neurosurgery. Wien: Springer; 2008.
- Shahinian H. Endoscopic skull base surgery. [Internet]. Totowa, N.J.: Humana; 2008. Available at: <http://dx.doi.org/10.1007/978-1-59745-340-0>.
- Eliyas JK, Glynn R, Kulwin CG, Rovin R, Young R, Alzate J, Pradilla G, Shah MV, Kassam A, Ciric I, Bailes J. Minimally invasive transsulcal resection of intraventricular and periventricular lesions through a tubular retractor system: multicentric experience and results. World Neurosurg. 2016 Jun;90:556-64. doi:10.1016/j.wneu.2015.12.100. PMID:26805678.
- Kassam A, Engh J, Mintz A, Prevedello D. Completely endoscopic resection of intraparenchymal brain tumors. J Neurosurg. 2009;110(1):116-23. doi:10.3171/2008.7.jns08226. PMID:18950265.
- Piquer J, Llacer J, Rovira V, Riesgo P, Rodriguez R, Cremades A. Fluorescence-guided surgery and biopsy in gliomas with an exoscope system. BioMed Research International. 2014;2014:1-6. doi:10.1155/2014/207974. PMID:24971317.
- Guk NA, Plavsky PN, Yatsyk VA, Kondratuk VV, Mumlev AO. [Our experience of exoscope in cerebral neurosurgery]. Ukr J Min Invas Endosc. Surg. 2015;19(2-3):15-8. http://nbuv.gov.ua/UJRN/Ujmekh_2015_19_2-3_5.
- Nishiyama K, Natori Y, Oka K. A novel three-dimensional and high-definition flexible scope. Acta Neurochir. 2013;156(6):1245-9. doi:10.1007/s00701-013-1922-7. PMID:24849269.
- Kassam A, Engh J, Mintz A, Prevedello D. Completely endoscopic resection of intraparenchymal brain tumors. J Neurosurg. 2009;110(1):116-23. doi:10.3171/2008.7.jns08226. PMID:18950265.
- Jo K, Shin H, Nam D, Lee JJ, Park K, Kim JH, Kong DS. Efficacy of endoport-guided endoscopic resection for deep-seated brain lesions. Neurosurg Rev. 2011;34(4):457-63. doi:10.1007/s10143-011-0319-4. PMID:21614427.
- Akiyama Y, Wanibuchi M, Mikami T, Horita Y, Komatsu K, Suzuki K, Otaki S, Mikuni N. Rigid endoscopic resection of deep-seated or intraventricular brain tumors. Neurol Res. 2014;37(3):278-82. doi:10.1179/1743132814y.0000000439. PMID:25204627.
- Hong C, Prevedello D, Elder J. Comparison of endoscope-versus microscope-assisted resection of deep-seated intracranial lesions using a minimally invasive port retractor system. J Neurosurg. 2016;124(3):799-810. doi:10.3171/2015.1.jns141113. PMID:26315005.
- Plaha P, Livermore L, Voets N, Pereira E, Cudlip S. Minimally invasive endoscopic resection of intraparenchymal brain tumors. World Neurosurg. 2014;82(6):1198-208. doi:10.1016/j.wneu.2014.07.034. PMID:25084167.
- Duffau H. Is there a place for endoscopy in glioma surgery? World Neurosurg. 2014;82(6):1020-2. doi:10.1016/j.wneu.2014.08.037. PMID:25150204.
- Rapp M, Kamp M, Steiger H, Sabel M. Endoscopic-assisted visualization of 5-aminolevulinic acid-induced fluorescence in malignant glioma surgery: a technical note. World Neurosurg. 2014;82(1-2):e277-9. doi:10.1016/j.wneu.2013.07.002. PMID:23871813.
- Hopf NJ, Grunert P, Darabi K, Busert C, Bettag M. Frameless neuronavigation applied to endoscopic neurosurgery. Minim Invas Neurosurg. 1999 Dec;42(4):187-93. doi:10.1055/s-2008-1053396. PMID:10667823.