

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ХИРУРГИИ АНЕВРИЗМ: «ПРОМИКРОХИРУРГИЧЕСКИЙ» ВЗГЛЯД

А. В. Дубовой¹, А. В. Бервицкий^{1,2}, А. Спаллоне³ ✉

¹ Федеральный центр нейрохирургии, Новосибирск

² Московский медико-стоматологический университет имени Е. И. Евдокимова, Москва

³ NCL- Neuromed, Институт неврологии, Рим, Италия

Современные способы лечения пациентов с внутримозговыми аневризмами являются предметом дискуссий между сторонниками традиционной микрохирургической техники и относительно нового эндоваскулярного лечения. В статье представлен опыт нейрохирургов — сторонников открытой микрохирургии. Сложные аневризмы задней циркуляции в настоящее время, как правило, оперируются эндоваскулярно, в то время как аневризмы переднего бассейна могут быть вылечены обоими методами, а для аневризм средней мозговой артерии и дистальных аневризм передней мозговой артерии лучше подходит микрохирургия. Техническое усовершенствование и, вероятно, снижение стоимости эндоваскулярных устройств будут способствовать тенденции к использованию эндоваскулярного метода. Однако потребность в хорошо подготовленных микрососудистых хирургах, на наш взгляд, останется, и надлежащая подготовка будущих поколений таких специалистов в условиях снижения числа пациентов и случаев открытых хирургических вмешательств представляет собой серьезную проблему для нейрохирургического сообщества, решение которой предстоит найти.

Ключевые слова: внутримозговые аневризмы, микрохирургия, реваскуляризация головного мозга, эндоваскулярное лечение

✉ **Для корреспонденции:** Альдо Спаллоне
ул. Патрика, д. 15, г. Рим, Италия, 00178; segreteria1@nclroma.it

Статья получена: 28.06.2018 **Статья принята к печати:** 21.09.2018

DOI: 10.24075/vrgmu.2018.093

MODERN ANEURYSM SURGERY: A PRO-OPEN SURGERY VIEW

Dubovoy AV¹, Bervitskiy AV², Spallone A³ ✉

¹ Federal Neurosurgical Center, Novosibirsk, Novosibirsk

² Yevdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry, Moscow

³ NCL-Neuromed Institute of Neurological Sciences, Rome, Italy

Modern management of intracranial aneurysms is matter of great debate between supporters of “traditional” microsurgical treatment and those of relatively new endovascular management. This paper briefly reports the experience of two experienced microvascular “traditional” neurosurgeons who shares the same management philosophy favouring open microsurgery in the modern era in which endovascular management is becoming fashionable. Difficult posterior circulation aneurysms are nowadays as a rule managed endovascularly, whilst anterior circulation aneurysms can be treated with both techniques, and MCA as well as distal ACA aneurysms are better treated microsurgically. Technical refinement and — hopefully- lower cost of endovascular devices will favour a trend of prevailing use of endovascular method in the future. However the need for well-prepared microvascular surgeon will always be there, and proper training of future generations of microvascular surgeons in a setting of decreasing number of patients and open surgical casuistics represents a big challenge for the neurosurgical community, to which an answer should be given.

Keywords: Intracranial aneurysms, microsurgery, cerebral revascularization, endovascular treatment, flow diverters, management guidelines, training

✉ **Correspondence should be addressed:** Aldo Spallone
Via Patrica 15, Rome, Italy, 00178; segreteria1@nclroma.it

Received: 28.06.2018 **Accepted:** 21.09.2018

DOI: 10.24075/brsmu.2018.093

Оптимальное лечение пациентов с внутримозговыми аневризмами по-прежнему остается предметом дискуссии. Введение в клиническую практику эндоваскулярных методов после пионерской работы Сербиненко [1] и его группы [2–5] стимулировало, как исследователей, так и индустрию, к разработке все более сложных технологических элементов, спиралей [6] и позднее поток-перенаправляющих стентов [7–9] с целью выключения аневризмы из кровотока и/или создания условий для ее тромбирования одновременно со снижением стресса у пациента и инвазивности вмешательства.

Однако, несмотря на несколько крупных клинических исследований, окончательного заключения не было сделано

[6, 10–18]. На самом деле опыт лечащего хирурга, будь то «классический» сосудистый нейрохирург или эндоваскулярный хирург, по-видимому, является важнейшим определяющим фактором для выбора лечебной стратегии в каждом конкретном случае.

Личный опыт открытых вмешательств в сложной сосудистой нейрохирургии, по-видимому, является необходимым условием для конкуренции с «восходящими эндоваскулярными звездами». Это положение дел может измениться в будущем: если количество оперированных открыто пациентов будет уменьшаться, возникнут затруднения с адекватной подготовкой будущих сосудистых нейрохирургов, работающих открытым способом, и это

сформирует замкнутый круг, после чего открытая хирургия аневризм будет постепенно исчезать из практики.

Тем не менее это необязательно должно произойти. Один из авторов (АС) был участником *Cooperative Study on aneurysm surgery* в 1980-е гг. [19] и считает, что открытая хирургия будет также играть большую роль в лечении пациентов с аневризмами. После опыта совместной работы с нейрохирургами Федерального центра нейрохирургии г. Новосибирска (Россия) он смог проанализировать результаты лечебного протокола, который отдает предпочтение открытой хирургии для пациентов с аневризмами, что совпадает с его практикой в Риме.

Результаты философии лечения большой серии пациентов с аневризмами

За 3,5-летний период, начиная с января 2014 г., авторы прооперировали 925 пациентов. Все операции были выполнены одним из авторов: либо АД, либо старшим АС. В табл. 1 представлены основные демографические данные пациентов.

Лечебный протокол был схожим в обоих учреждениях, предпочтение отдавалось открытой хирургии. Разорвавшиеся аневризмы, когда это было возможно, оперировали в остром периоде. Эндovasкулярный койлинг с баллон- или стент-ассистенцией и, в последнее время, имплантации поток-перенаправляющих стентов проводили опытные эндovasкулярные специалисты, которые рутинно участвовали в планировании лечения, на консультативной основе (в Риме) или в качестве непосредственного исполнителя (в Новосибирске).

Эндovasкулярное лечение было в основном зарезервировано почти для всех аневризм задней циркуляции. Исключение из этого правила составили аневризмы задней нижней мозжечковой артерии (ЗНМА), которые оперировали микрохирургически, хотя иногда (шесть случаев) их лечили и эндovasкулярно. Для лечения пациентов с аневризмами переднего отдела виллизиева круга, как правило, использовали открытый метод, если не было соматических противопоказаний к краниотомии. Фузиформные и гигантские аневризмы подвергали тщательной оценке в каждом конкретном случае и лечили поток-перенаправляющими стентами, если невозможно было применить треппинг или резекцию аневризмы с предшествующей ревааскуляризацией дистального русла. В частности, гигантские аневризмы кавернозного отдела внутренней сонной артерии (ВСА) выключали путем перевязки сонной артерии с предшествующим созданием экстра-интракраниального микроанастомоза, если были обнаружены признаки компрессии черепно-мозговых нервов (ЧМН) в кавернозном синусе, а если они были бессимптомными, то применяли поток-перенаправляющие стенты. Аневризмы передней соединительной артерии (ПСА) лечили эндovasкулярно только в избранных случаях.

Что касается ревааскуляризации, то если поверхностная височная артерия (ПВА) была достаточного размера, то выполняли микроанастомоз ПВА-МЗ в глубине латеральной щели. В противном случае проводили высокопоточное шунтирование с использованием трансплантата лучевой артерии либо в М2-сегмент средней мозговой артерии (СМА) (28 случаев), либо в Р2-сегмент задней мозговой артерии (ЗМА) (1 случай). У четырех пациентов было выполнен анастомоз бок в бок между АЗ, и у одного пациента был сформирован анастомоз ЗНМА-ЗНМА. Как

правило, формирование анастомозов проводили перед окклюзией несущей артерии, треппингом аневризмы или для дополнения кровотока в случае ожидаемого длительного временного пережатия несущей аневризму артерии.

Поток-перенаправляющие стенты в случаях сложных поражений базиллярной артерии применяли только после взвешенного обсуждения всех альтернативных вариантов лечения — из-за известного риска компрометирования перфорантных артерий с использованием этой техники. На рис. 1 представлен алгоритм принятия решения, используемый в настоящее время.

Как правило, эндovasкулярное лечение принимали возможным, только если соотношение купол-шейка было не меньше 2 : 1. В противном случае открытое лечение считали обязательным. Очевидно, что другие гемодинамические и геометрические факторы также учитывали при принятии решения о том, какой тип операции будет лучшим для пациента.

Исходы хирургического лечения оценивались через год после операции посредством очного осмотра или телефонного звонка с использованием модифицированной шкалы Ренкина (mRS). Хорошим исход считали в случае, если оценка по mRS равна 0–2 балла, неудовлетворительным — 3–5 баллов.

Характеристики пациентов и исходы

Среди пациентов было 312 (33,7%) мужчин и 613 (66,3%) женщин. Возраст варьировал от 1 до 84 лет и составлял в среднем 58 лет. Разрыв аневризмы был установлен у 286 пациентов (30,9%) и 64 из них (6,9%) были оперированы в остром периоде. У 184 пациентов (19,9%) были выявлены множественные аневризмы, таким образом, всего пролечено 1162 пациента с аневризмами, из которых 119 (12,8%) можно отнести к большим и гигантским. Аневризмы были локализованы на ВСА в 480 случаях (41,3%), в комплексе передней мозговой — передней соединительной артерий (ПМА-ПСА) — в 231 случае (19,8%), на СМА — в 290 случаях (24,9%), на ЗМА — в 20 случаях (1,7%), на основной артерии (ОА) — в 95 случаях (8,1%), на верхней мозжечковой артерии (ВМА) — в 23 случаях (2%), на передней нижней мозжечковой артерии (ПНМА) — в 4 случаях (0,5%) и на ЗНМА — в 19 случаях (1,7%). Для 417 аневризм (36%) применили эндovasкулярный метод, для 740 (63,6%) — микрохирургию, в 5 (0,4%) случаях — комбинированное лечение (эндovasкулярная окклюзия + ревааскуляризация). Выключение аневризмы в 99 (10,7%) случаях было дополнено проведением ревааскуляризации посредством 106 различных анастомозов: у 15 пациентов были выполнены интра-интракраниальные микроанастомозы (ИИКМА), у 60 — анастомоз ПВА-МЗ, у 2 сформирован анастомоз между верхнечелюстной артерией (ВЧА) и СМА со вставочным шунтом из лучевой артерии, а в 29 случаях выполнен высокопоточный обходной шунт.

Таблица 1. Демографические данные пациентов

Возраст (годы)	58,1 (184 года)
Пол (м/ж)	312 (33,7%) / 613 (66,3%)
С разрывом	286 (30,9%)
Без разрыва	640 (69,1%)
Острое САК	64 (6,9%)

Примечание: САК — субарахноидальное кровоизлияние.

Результаты хирургического лечения оценивали через год. Среди 861 пациента без разрыва 842 (97,8%) пациента имели оценку по mRS 0–2 балла, у 17 (2%) пациентов 3–5, двое пациентов умерло (0,2%). Из 64 пациентов, оперированных в остром периоде САК, хороший результат (0–2 балла по mRS) был достигнут в 51 случае (79,6%), 9 пациентов (14%) остались инвалидами (3–5 баллов по mRS) и 4 пациента (6,4%) умерли. Основные характеристики аневризм, данные об условиях лечения и результатах представлены в табл. 2.

Обсуждение

В последнее десятилетие развития сосудистой нейрохирургии шла активная дискуссия на тему лучшего способа лечения пациентов с внутримозговыми аневризмами: открытым доступом или эндоваскулярно. Усовершенствование технологии вместе с увеличением опыта [7–9] значительно склонило мнение общей нейрохирургической аудитории к тому, что открытая хирургия аневризм близится к своему концу. Это приводит к двум очевидным последствиям: уменьшению числа случаев, оперируемых открыто; и как следствие, уменьшению появления возможностей для адекватного обучения новых поколений хирургов основам и тонкостям сосудистой нейрохирургии. С одной стороны, тщательная оценка результатов эндоваскулярной хирургии даже при использовании самых современных технологий показывает, что этот способ не панацея и еще можно рассмотреть альтернативные методы лечения, в частности в случае возникновения сложных аневризм.

Оба автора статьи (АД, АС) осознают, что эндоваскулярное лечение может в будущем стать методом выбора для лечения пациентов с этой патологией, но при этом потребуются дальнейшее технологическое развитие устройств, а также, что немаловажно, значительное снижение издержек.

С другой стороны, на сегодняшний день открытая хирургия по-прежнему играет значительную, возможно,

ведущую роль, по крайней мере, для лечения пациентов с аневризмами переднего отдела виллизиева круга [20–23]. Следовательно, адекватная подготовка будущих специалистов, возможно, унификация критериев обучения между различными странами вклуче с надлежащим подбором обучаемых, которые должны быть достаточно одаренными и умелыми для сложной микрохирургии, являются обязанностью нынешнего нейрохирургического сообщества.

В задачи данной статьи не входит подробное обсуждение конкретных аспектов протокола лечения, используемого на сегодняшний день. Хотелось только подчеркнуть, что он основан на доступной эпидемиологии и клинических рекомендациях, предоставляет концептуальный приоритет микрохирургии с ее техническими возможностями, включая различные методы реваскуляризации. Эндоваскулярная техника при этом может быть использована в случаях с определенными показаниями.

Современное состояние

Изложенные результаты были вполне сопоставимы с результатами недавно проведенного хирургического лечения крупнейших серий пациентов с внутримозговыми аневризмами, в которых были использованы оба метода. Например, с результатами лечения большой серии пациентов с внутримозговыми аневризмами, выключенных микрохирургическим путем, значительная часть которых имела большой и гигантский размер [24]. На тот момент хирургическая реваскуляризация считалась вехой в лечении пациентов со сложными аневризмами. Основной момент — это появление своего рода соглашения между специалистами по микрохирургии и эндоваскулярными хирургами, в котором главенствующая роль в лечении пациентов с такой сложной патологией отводится открытой хирургии. В нашей среде было достигнуто согласие в отношении того, что эндоваскулярное лечение будет использовано для пациентов с аневризмами неблагоприятной

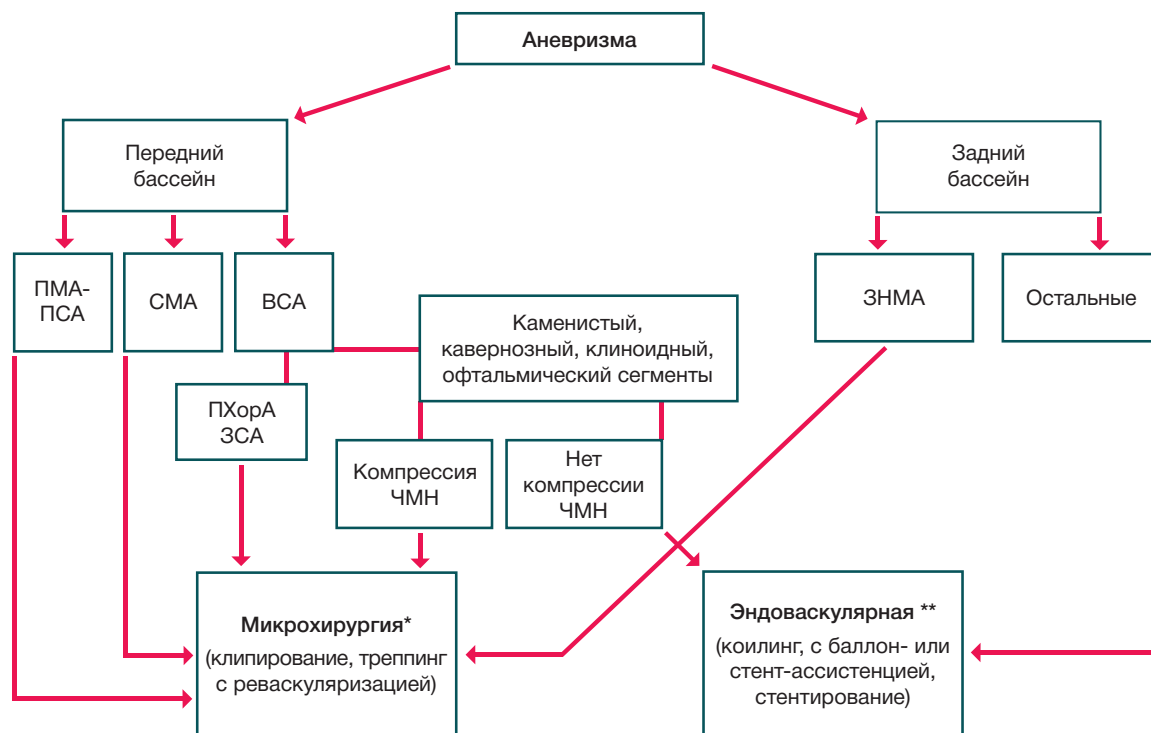


Рис. 1. Алгоритм принятия решения, основанный на локализации аневризм. * — за исключением случаев соматических противопоказаний к открытой хирургии или индивидуального выбора пациента; ** — кроме случаев аллергических реакций на контраст; ПХорА — передняя хориоидальная артерия

геометрии (для которых выполнение реваскуляризации не могло гарантировать отсутствие возникновения отсроченных ишемических осложнений), а также для аневризм задней циркуляции.

Можно утверждать, что применение конкретного алгоритма отбора пациентов привело к уменьшению количества операций по поводу разорвавшихся аневризм, в частности в остром периоде кровоизлияния. Однако, если все же анализировать группу пациентов, оперированных в остром периоде, результаты остаются очень хорошими. Опять стоит отметить, что мы не можем недооценивать роль правильно применяемых методов реваскуляризации при лечении пациентов со сложными аневризмами, что подчеркивается в ранних работах [24] и подтверждено совсем недавно [25]. Такой подход, на наш взгляд, позволил нам получить хорошие результаты в ряде очень сложных случаев. При этом ключевое значение надлежащей практической подготовки специалистов нельзя переоценить.

В одном из недавно опубликованных критических обзоров современных подходов лечения пациентов с аневризмами авторы предположили, что «баланс должен поддерживаться между технической виртуозностью и безопасностью процедуры как при открытых, так и при эндоваскулярных операциях» [26]. Актуальной остается проблема организации качественной подготовки специалистов, так как для этого требуется достаточное количество пациентов, а на сегодняшний день наблюдается тенденция к снижению числа открытых процедур. Опыт показывает, что хорошо подготовленные сосудистые нейрохирурги могут достичь хороших результатов, сравнимых с опубликованными результатами серий операций пациентов с аневризмами, даже если преимущество при выборе отдается открытому методу.

Микрохирургия: рекомендации на будущее

Возрастные изменения, влияющие на мануальные навыки, обусловлены физиологически, но их проявление индивидуально, поэтому способность оперировать

сохраняется у всех по-разному и возраст, до которого нейрохирурги могут заниматься микрохирургией, варьирует. Старший автор (АС) 1952 г. рождения решил отказаться от микрохирургических вмешательств около двух лет назад. Возможно, что-либо подобное критерию «самоконтроля степени тремора» можно было бы рассмотреть для объективной проверки технической способности каждого отдельного хирурга безопасно выполнять деликатные микрососудистые процедуры, но это предложение не получило бы широкого признания. Кроме того, относительно обучения в целом, следует отметить, что первый автор добился объективно высокого уровня технических навыков, долго тренировавшись на биологическом и трупном материале. При отборе кандидатов на роль «открытого» нейрохирурга необходимо очень тщательно оценивать индивидуальные характеристики (твердая рука, уравновешенность, сильный эмоциональный контроль). Следует также рассмотреть возможность введения курса обучения по объединенной специальности на открытого и эндоваскулярного хирурга, как эксперта по сосудистой нейрохирургии, сочетающего достоинства обоих методов. Но опять стоит повторить, что для обучения открытой сосудистой нейрохирургии по-прежнему будет необходимо достаточное количество материала, в том числе потому, что в настоящее время нет никакой адекватной лабораторной модели, позволяющей имитировать реальный клинический случай хирургии аневризмы.

Выводы

Открытая сосудистая нейрохирургия, если она проводится по показаниям хорошо подготовленными нейрохирургами, еще далека от своего исчезновения. Подготовка новых поколений врачей — непростая задача. В будущем, когда ожидается значительное техническое усовершенствование эндоваскулярных устройств, оптимальным решением будет по-прежнему оставить место для «открытых» сосудистых нейрохирургов или развития «двойной» специальности как открытого, так и эндоваскулярного эксперта.

Таблица 2. Характеристики аневризм, проведенные операции и результаты

Общее число аневризм	1162			
Большие и гигантские аневризмы	119 (12,8%)			
Локализация	Всего	Эндоваскулярно	Микрохирургия	Комбинированно
ВСА	480 (41,3%)	251	228	1
ПМА-ПСА	231 (19,8%)	16	215	
СМА	290 (24,9%)	23	264	3
ЗМА	20 (1,7%)	18	2	
ОА	95 (8,1%)	84	10	1
ВМА	23 (2%)	15	8	
ПНМА	4 (0,4%)	4		
ЗНМА	19 (1,7%)	6	13	
Реваскуляризация				
ИИКМА	15			
ЭИКМА	60			
С ВЧА	2			
Высокопоточные	29			
Результаты	Всего	Без разрыва (n = 861)	Острое САК (n = 64)	
0–2 балла по mRS	893	842	51	
3–5 балла по mRS	26	17	9	
Летальный исход	6	2	4	

Литература

- Serbinenko FA. Balloon catheterization and occlusion of major cerebral vessels. *J Neurosurg.* 1974 Aug; 41 (2): 125–45.
- Serbinenko FA. Balloon occlusion of saccular aneurysms of the cerebral arteries. [Article in Russian] *Vopr Neurokhir.* 1974 Jul-Aug; (4): 8–15.
- Serbinenko FA. 7-year experience in endovascular surgery [Article in German]. *Zentralbl Neurochir.* 1977; 38 (2): 141–4.
- Serbinenko FA. Six hundred endovascular neurosurgical procedures in vascular pathology. A ten-year experience. *Acta Neurochir Suppl (Wien).* 1979; 28 (1): 310–1.
- Serbinenko FA, Filatov JM, Spallone A, Tchurilov MV, Lazarev VA. Management of giant intracranial ICA aneurysms with combined extracranial-intracranial anastomosis and endovascular occlusion. *J Neurosurg.* 1990 Jul; 73 (1): 57–63.
- Li H, Pan R, Wang H, Rong X, Yin Z, Milgrom DP et al. Clipping versus coiling for ruptured intracranial aneurysms: a systematic review and meta-analysis. *Stroke.* 2013 Jan; 44 (1): 29–37.
- Kabbasch C, Mpotsaris A, Behme D, Dorn F, Stavrinou P, Liebig T. Pipeline Embolization Device for Treatment of Intracranial Aneurysms-The More, the Better? A Single-center Retrospective Observational Study. *J Vasc Interv Neurol.* 2016 Oct; 9 (2): 14–20.
- Raymond J, Gentric JC, Darsaut TE, Iancu D, Chagnon M, Weill A et al. Flow diversion in the treatment of aneurysms: a randomized care trial and registry. *J Neurosurg.* 2017 Sep; 127 (3): 454–62. DOI: 10.3171/2016.4.JNS152662. Epub 2016 Nov 4.
- Brinjikji W, Lanzino G, Cloft HJ, Siddiqui AH, Kallmes DF. Risk Factors for Hemorrhagic Complications following Pipeline Embolization Device Treatment of Intracranial Aneurysms: Results from the International Retrospective Study of the Pipeline Embolization Device. *AJNR Am J Neuroradiol.* 2015 Dec; 36 (12): 2308–13.
- Zhang X, Li L, Hong B, Xu Y1, Liu Y, Huang Q et al. A Systematic Review and Meta-analysis on Economic Comparison between Endovascular Coiling versus Neurosurgical Clipping for Ruptured Intracranial Aneurysms. *World Neurosurg.* 2018 Feb 21; pii: S1878-8750(18)30349-8.
- Alreshidi M, Cote DJ, Dasenbrock HH, Acosta M, Can A, Doucette J et al. Coiling Versus Microsurgical Clipping in the Treatment of Unruptured Middle Cerebral Artery Aneurysms: A Meta-Analysis. *Neurosurgery.* 2018 Feb 9. DOI: 10.1093/neuros/nyx623. [Epub ahead of print]
- Fotakopoulos G, Tsianaka E, Fountas K, Makris D, Spyrou M, Hermesniemi J. Clipping Versus Coiling in Anterior Circulation Ruptured Intracranial Aneurysms: A Meta-Analysis. *World Neurosurg.* 2017 Aug; (104): 482–8.
- Xia ZW, Liu XM, Wang JY, Cao H, Chen FH, Huang J et al. Coiling Is Not Superior to Clipping in Patients with High-Grade Aneurysmal Subarachnoid Hemorrhage: Systematic Review and Meta-Analysis. *World Neurosurg.* 2017 Feb; (98): 411–20.
- Ruan C, Long H, Sun H, He M, Yang K, Zhang H et al. Endovascular coiling vs. surgical clipping for unruptured intracranial aneurysm: A meta-analysis. *Br J Neurosurg.* 2015; 29 (4): 485–92.
- Suzuki M, Yoneda H, Ishihara H, Shirao S, Nomura S, Koizumi H et al. Adverse events after unruptured cerebral aneurysm treatment: a single-center experience with clipping/coil embolization combined units. *J Stroke Cerebrovasc Dis.* 2015 Jan; 24 (1): 223–31.
- Hwang US, Shin HS, Lee SH, Koh JS. Decompressive Surgery in Patients with Poor-grade Aneurysmal Subarachnoid Hemorrhage: Clipping with Simultaneous Decompression Versus Coil Embolization Followed by Decompression. *J Cerebrovasc Endovasc Neurosurg.* 2014 Sep; 16 (3): 254–61.
- Frontera JA, Moatti J, de los Reyes KM, McCullough S, Moyle H, Bederson JB et al. Safety and cost of stent-assisted coiling of unruptured intracranial aneurysms compared with coiling or clipping. *J Neurointerv Surg.* 2014 Jan; 6 (1): 65–71.
- Brunken M, Kehler U, Fiehler J, Leppien A, Eckert B. Coiling vs. clipping: hospital stay and procedure time in intracranial aneurysm treatment. [Article in German] *Rofo.* 2009 Oct; 181 (10): 989–95.
- Pasqualin A, Kassel NF, Torner JC, Benedetti A, Da Pian R, Guidetti B et al. Results of treatment (Article). *Journal of Neurosurgical Sciences.* 1988; 32 (1): 25–38.
- McDougall CG, Spetzler RF, Zabramski JM, Partovi S, Hills NK, Nakaji P et al. The Barrow Ruptured Aneurysm Trial. *J Neurosurg.* 2012 Jan; 116 (1): 135–44.
- Spetzler RF1, McDougall CG, Albuquerque FC, Zabramski JM, Hills NK, Partovi S et al. The Barrow Ruptured Aneurysm Trial: 3-year results *J Neurosurg.* 2013 Jul; 119 (1): 146–57.
- Spetzler RF, McDougall CG, Zabramski JM, Albuquerque FC, Hills NK et al. The Barrow Ruptured Aneurysm Trial: 6-year results. *J Neurosurg.* 2015 Sep; 123 (3): 609–17.
- Spetzler RF, Zabramski JM, McDougall CG, Albuquerque FC, Hills NK, Wallace RC et al. Analysis of saccular aneurysms in the Barrow Ruptured Aneurysm Trial. *J Neurosurg.* 2018 Jan; 128 (1): 120–12.
- Cantore G, Santoro A, Guidetti G, Delfinis CP, Colonnese C, Passacantilli E. Surgical treatment of giant intracranial aneurysms: current viewpoint. *Neurosurgery.* 2008 Oct; 63 (4) (Suppl 2): 279–90.
- Tayebi Meybodi A, Huang W, Benet A, Kola O, Lawton MT. Bypass surgery for complex middle cerebral artery aneurysms: an algorithmic approach to revascularization. *J Neurosurg.* 2017 Sep; 127 (3): 463–79.
- Rahal JP, Malek AM. Clip occlusion versus coil embolization for the treatment of cerebral aneurysms. *J Neurosurg Sci.* 2012 Sep; 56 (3): 175–90.

References

- Serbinenko FA. Balloon catheterization and occlusion of major cerebral vessels. *J Neurosurg.* 1974 Aug; 41 (2): 125–45.
- Serbinenko FA. Balloon occlusion of saccular aneurysms of the cerebral arteries. [Article in Russian] *Vopr Neurokhir.* 1974 Jul-Aug; (4): 8–15.
- Serbinenko FA. 7-year experience in endovascular surgery [Article in German]. *Zentralbl Neurochir.* 1977; 38 (2): 141–4.
- Serbinenko FA. Six hundred endovascular neurosurgical procedures in vascular pathology. A ten-year experience. *Acta Neurochir Suppl (Wien).* 1979; 28 (1): 310–1.
- Serbinenko FA, Filatov JM, Spallone A, Tchurilov MV, Lazarev VA. Management of giant intracranial ICA aneurysms with combined extracranial-intracranial anastomosis and endovascular occlusion. *J Neurosurg.* 1990 Jul; 73 (1): 57–63.
- Li H, Pan R, Wang H, Rong X, Yin Z, Milgrom DP et al. Clipping versus coiling for ruptured intracranial aneurysms: a systematic review and meta-analysis. *Stroke.* 2013 Jan; 44 (1): 29–37.
- Kabbasch C, Mpotsaris A, Behme D, Dorn F, Stavrinou P, Liebig T. Pipeline Embolization Device for Treatment of Intracranial Aneurysms-The More, the Better? A Single-center Retrospective Observational Study. *J Vasc Interv Neurol.* 2016 Oct; 9 (2): 14–20.
- Raymond J, Gentric JC, Darsaut TE, Iancu D, Chagnon M, Weill A et al. Flow diversion in the treatment of aneurysms: a randomized care trial and registry. *J Neurosurg.* 2017 Sep; 127 (3): 454–62. DOI: 10.3171/2016.4.JNS152662. Epub 2016 Nov 4.
- Brinjikji W, Lanzino G, Cloft HJ, Siddiqui AH, Kallmes DF. Risk Factors for Hemorrhagic Complications following Pipeline Embolization Device Treatment of Intracranial Aneurysms: Results from the International Retrospective Study of the Pipeline Embolization Device. *AJNR Am J Neuroradiol.* 2015 Dec; 36 (12): 2308–13.
- Zhang X, Li L, Hong B, Xu Y1, Liu Y, Huang Q et al. A Systematic

- Review and Meta-analysis on Economic Comparison between Endovascular Coiling versus Neurosurgical Clipping for Ruptured Intracranial Aneurysms. *World Neurosurg.* 2018 Feb 21; pii: S1878-8750(18)30349-8.
11. Alreshidi M, Cote DJ, Dasenbrock HH, Acosta M, Can A, Doucette J et al. Coiling Versus Microsurgical Clipping in the Treatment of Unruptured Middle Cerebral Artery Aneurysms: A Meta-Analysis. *Neurosurgery.* 2018 Feb 9. DOI: 10.1093/neuros/nyx623. [Epub ahead of print]
 12. Fotakopoulos G, Tsianaka E, Fountas K, Makris D, Spyrou M, Hernesniemi J. Clipping Versus Coiling in Anterior Circulation Ruptured Intracranial Aneurysms: A Meta-Analysis. *World Neurosurg.* 2017 Aug; (104): 482–8.
 13. Xia ZW, Liu XM, Wang JY, Cao H, Chen FH, Huang J et al. Coiling Is Not Superior to Clipping in Patients with High-Grade Aneurysmal Subarachnoid Hemorrhage: Systematic Review and Meta-Analysis. *World Neurosurg.* 2017 Feb; (98): 411–20.
 14. Ruan C, Long H, Sun H, He M, Yang K, Zhang H et al. Endovascular coiling vs. surgical clipping for unruptured intracranial aneurysm: A meta-analysis. *Br J Neurosurg.* 2015; 29 (4): 485–92.
 15. Suzuki M, Yoneda H, Ishihara H, Shirao S, Nomura S, Koizumi H et al. Adverse events after unruptured cerebral aneurysm treatment: a single-center experience with clipping/coil embolization combined units. *J Stroke Cerebrovasc Dis.* 2015 Jan; 24 (1): 223–31.
 16. Hwang US, Shin HS, Lee SH, Koh JS. Decompressive Surgery in Patients with Poor-grade Aneurysmal Subarachnoid Hemorrhage: Clipping with Simultaneous Decompression Versus Coil Embolization Followed by Decompression. *J Cerebrovasc Endovasc Neurosurg.* 2014 Sep; 16 (3): 254–61.
 17. Frontera JA, Moatti J, de los Reyes KM, McCullough S, Moyle H, Bederson JB et al. Safety and cost of stent-assisted coiling of unruptured intracranial aneurysms compared with coiling or clipping. *J Neurointerv Surg.* 2014 Jan; 6 (1): 65–71.
 18. Brunken M, Kehler U, Fiehler J, Leppien A, Eckert B. Coiling vs. clipping: hospital stay and procedure time in intracranial aneurysm treatment. [Article in German] *Rofo.* 2009 Oct; 181 (10): 989–95.
 19. Pasqualin A, Kassel NF, Torner JC, Benedetti A, Da Pian R, Guidetti B et al. Results of treatment (Article). *Journal of Neurosurgical Sciences.* 1988; 32 (1): 25–38.
 20. McDougall CG, Spetzler RF, Zabramski JM, Partovi S, Hills NK, Nakaji P et al. The Barrow Ruptured Aneurysm Trial. *J Neurosurg.* 2012 Jan; 116 (1): 135–44.
 21. Spetzler RF1, McDougall CG, Albuquerque FC, Zabramski JM, Hills NK, Partovi S et al. The Barrow Ruptured Aneurysm Trial: 3-year results. *J Neurosurg.* 2013 Jul; 119 (1): 146–57.
 22. Spetzler RF, McDougall CG, Zabramski JM, Albuquerque FC, Hills NK et al. The Barrow Ruptured Aneurysm Trial: 6-year results. *J Neurosurg.* 2015 Sep; 123 (3): 609–17.
 23. Spetzler RF, Zabramski JM, McDougall CG, Albuquerque FC, Hills NK, Wallace RC et al. Analysis of saccular aneurysms in the Barrow Ruptured Aneurysm Trial. *J Neurosurg.* 2018 Jan; 128 (1): 120–12.
 24. Cantore G, Santoro A, Guidetti G, Delfinis CP, Colonnese C, Passacantilli E. Surgical treatment of giant intracranial aneurysms: current viewpoint. *Neurosurgery.* 2008 Oct; 63 (4) (Suppl 2): 279–90.
 25. Tayebi Meybodi A, Huang W, Benet A, Kola O, Lawton MT. Bypass surgery for complex middle cerebral artery aneurysms: an algorithmic approach to revascularization. *J Neurosurg.* 2017 Sep; 127 (3): 463–79.
 26. Rahal JP, Malek AM. Clip occlusion versus coil embolization for the treatment of cerebral aneurysms. *J Neurosurg Sci.* 2012 Sep; 56 (3): 175–90.