DOI 10.56618/2071–2693_2023_15_3_145
УДК. 616.133.33–007.64

КЛИПИРОВАНИЕ АНЕВРИЗМЫ СТВОЛА БАЗИЛЯРНОЙ АРТЕРИИ ИЗ KEYHOLE-РЕТРОСИГМОВИДНОГО ДОСТУПА, ДОПОЛНЕННОГО ЭНДОСКОПИЧЕСКОЙ АССИСТЕНЦИЕЙ (клинический случай и обзор литературы)

Р.С. Джинджихадзе[1], Р.Л. Камбиев[1], А.В. Поляков[1], Г.Ю. Страхов[2], А.Д. Зайцев[1], И.О. Богданович[1]

[1]ГБУЗ МО «Московский областной научно-исследовательский клинический институт им. М.Ф. Владимирского», ул. Щепкина, 61/2, г. Москва, 129110
[2]ГУЗ «Тульская городская клиническая больница скорой медицинской помощи им. Д.Я. Ваныкина», ул. Первомайская, 13, г. Тула, 300034

Несмотря на увеличивающееся с каждым годом число эндоваскулярных вмешательств на аневризмах базилярной артерии, сохраняется определенная частота неблагоприятных исходов. С приходом в арсенал нейрохирургов эндоскопической ассистенции возможности открытых вмешательств на церебральных аневризмах расширились, позволяя минимизировать размеры доступов, не изменяя ширину микрохирургических коридоров.

Описано клиническое наблюдение успешного клипирования аневризмы ствола базилярной артерии с использованием ретросигмовидного доступа, дополненного эндоскопической ассистенцией.

Данный клинический случай демонстрирует возможность успешного клипирования аневризмы ствола базилярной артерии, не прибегая к широкому доступу, но с оптимальной визуализацией шейки и купола как до, так и после клипирования, а также с минимальными рисками повреждений важных парастволовых анатомических образований, что в конечном итоге позволяет достичь благоприятного результата. Минимально инвазивные доступы в сочетании с эндоскопической ассистенцией могут быть альтернативой как традиционным доступам, так и эндоваскулярной эмболизации

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: клипирование аневризмы, базилярная артерия, keyhole, ретросигмовидный доступ, эндоскопическая ассистенция.

Для цитирования: *Джинджихадзе Р.С., Камбиев Р.Л., Поляков А.В., Страхов Г.Ю., Зайцев А.Д., Богданович И.О. Клипирование аневризмы ствола базилярной артерии из keyhole-ретросигмовидного доступа, дополненного эндоскопической ассистенцией (клинический случай и обзор литературы). Российский нейрохирургический журнал им. проф. А.Л. Поленова. 2023;15(3): 145–151. DOI 10.56618/2071–2693_2023_15_3_145*

BASILAR ARTERY TRUNK ANEURYSM CLIPPING VIA KEYHOLE RETROSIGMOID APPROACH WITH ENDOSCOPIC ASSISTANCE (clinical case and literature review)

R.S. Dzhindzhikhadze[1], R.L. Kambiev[1], A.V. Polyakov[1], G.Yu. Strakhov[2], A.D. Zaitsev[1], I.O. Bogdanovich[1]

[1] Moscow Regional Research and Clinical Institute, 61/2, Schepkina st., Moscow, 129110, Russia
[2] Tula City Clinical Emergency Hospital n.a. D.Y. Vanykin, 13, Pervomayskaya st., Tula, 300034, Russia

Despite the increasing number of endovascular interventions for aneurysms of the basilar artery every year, a certain frequency of adverse outcomes remains. The possibilities of cerebral aneurysms surgery have expanded due to endoscopic assistance, which making it possible to minimize the size of approaches without changing the width of microsurgical corridors.

We present a case of successful clipping basilar artery trunk aneurysm via keyhole retrosigmoid approach supplemented with endoscopic assistance.

This clinical case demonstrates the possibility of successful clipping of a basilar artery trunk aneurysm without resorting to a wide approach, but with optimal visualization of the neck and dome before and after clipping. Keyhole approaches combined with endoscopic assistance can be an alternative to both traditional approaches and endovascular coiling.

KEYWORDS: aneurysm clipping, basilar artery, keyhole, retrosigmoid approach, endoscopic assistance.

For citation: *Dzhindzhikhadze R.S., Kambiev R.L., Polyakov A.V., Strakhov G. Yu., Zaitsev A.D., Bogdanovich I.O. Basilar artery trunk aneurysm clipping via keyhole retrosigmoid approach with endoscopic assistance (clinical case and literature review). Rossiiskii neirokhirurgicheskii zhurnal imeni professora A.L. Polenova. 2023;15(3): 145–151. DOI 10.56618/2071–2693_2023_15_3_145*

Введение. Аневризмы ствола базилярной артерии составляют менее 1 % от всех аневризм головного мозга. Клипирование затруднительно ввиду анатомических характеристик данной локализации: глубокого и ограниченного хирургического коридора, близким расположением сосудов вертебробазилярного бассейна к стволовым структурам головного мозга и черепным нервам [1–3]. К наиболее частым осложнениям микрохирургии аневризм задней циркуляции относят гемисиндромы, дисфункцию каудальной группы черепных нервов [4]. Наибольшее число осложнений клипирования в сравнении с другими локализациями имеет место у аневризм базилярной артерии и достигает 6–19 %. [5, 6]

Несмотря на увеличивающееся с каждым годом число эндоваскулярных вмешательств на аневризмах базилярной артерии, сохраняется определенная частота неблагоприятных исходов. К причинам последних относят кровоизлияние из реканализированной аневризмы, а также тромбоз поток-перенаправляющего стента, перфорантных артерий и миграцию эмболических материалов из аневризмы в просвет сосуда, приводящие к ишемии [7–10].

С приходом в арсенал нейрохирургов эндоскопической ассистенции возможности открытых вмешательств на церебральных аневризмах значительно расширились, позволяя минимизировать размеры доступов к структурам основания черепа, не изменяя ширину микрохирургических коридоров, а также обеспечить наиболее достоверный контроль клипирования аневризм [11].

Цель исследования. Описание клинического наблюдения успешного клипирования аневризмы ствола базилярной артерии с использованием ретросигмовидного доступа, дополненного эндоскопической ассистенцией.

Приводим клиническое наблюдение. Пациент Н., 38 л госпитализирован в плановом порядке в нейрохирургическое отделение. В неврологическом статусе общемозговая симптоматика в виде периодических головных болей. На КТ-ангиографии головного мозга выявлена мешотчатая аневризма ствола базилярной артерии, латерализованная влево (Рисунок 1).

Было принято решение выполнить клипирование шейки аневризмы с использованием эндоскопической ассистенции из левостороннего keyhole ретросигмовидного доступа.

В положении больного на правом боку был выполнен дугообразный разрез в заушной области слева. После послойного рассечения мягких тканей была осуществлена keyhole-ретросигмовидная краниотомия размерами 2х2,5 см, верхней границей которой являлся поперечный синус, латеральной — сигмовидный синус. Твердая мозговая оболочка (ТМО) была вскрыта дугообразно основанием к сигмовидному синусу.

Вскрыта мосто-мозжечковая цистерна, в ходе диссекции выделены лицевой, вестибулокохлеарный, отводящий, тройничный нервы, верхняя каменистая вена. С использованием оптики 30 и 70 градусов выполнена диссекция охватывающей цистерны, визуализированы ствол базилярной артерии с мешотчатой аневризмой, купол которой спаян с ТМО средней трети блюменбахова ската (Рисунок 2).

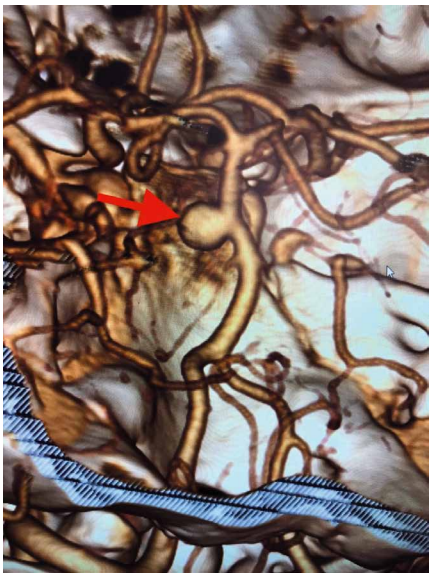

Рисунок 1. Предоперационная КТ-ангиография (3D-реконструкция). Визуализируется аневризма ствола базилярной артерии.
Picture 1: Preoperative CT angiography (3D reconstruction). Basilar artery trunk aneurysm is visualized.

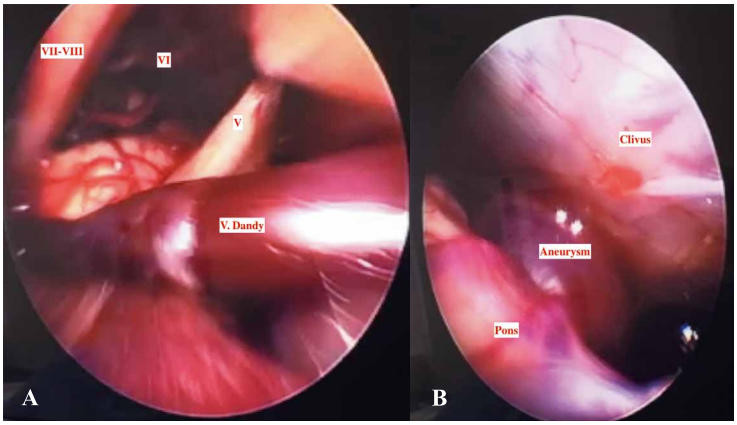

Рисунок 2. А — интраоперационное фото, VI — отводящий нерв, VII–VIII — лицевой и преддверно-улитковый нервы, V. Dandy — верхняя каменистая вена. В — интраоперационное фото, Pons — варолиев мост, Aneurysm — аневризма ствола базилярной артерии, Clivus — скат.
Picture 2: A — intraoperative picture. VI — abducens nerve, VII–VIII facial and vestibulocochlear nerves, V. Dandy — superior petrosal vein. B — intraoperative picture. Pons — pons Varolii, Aneurysm — basilar trunk artery aneurysm, Clivus — Blumenbach clivus.

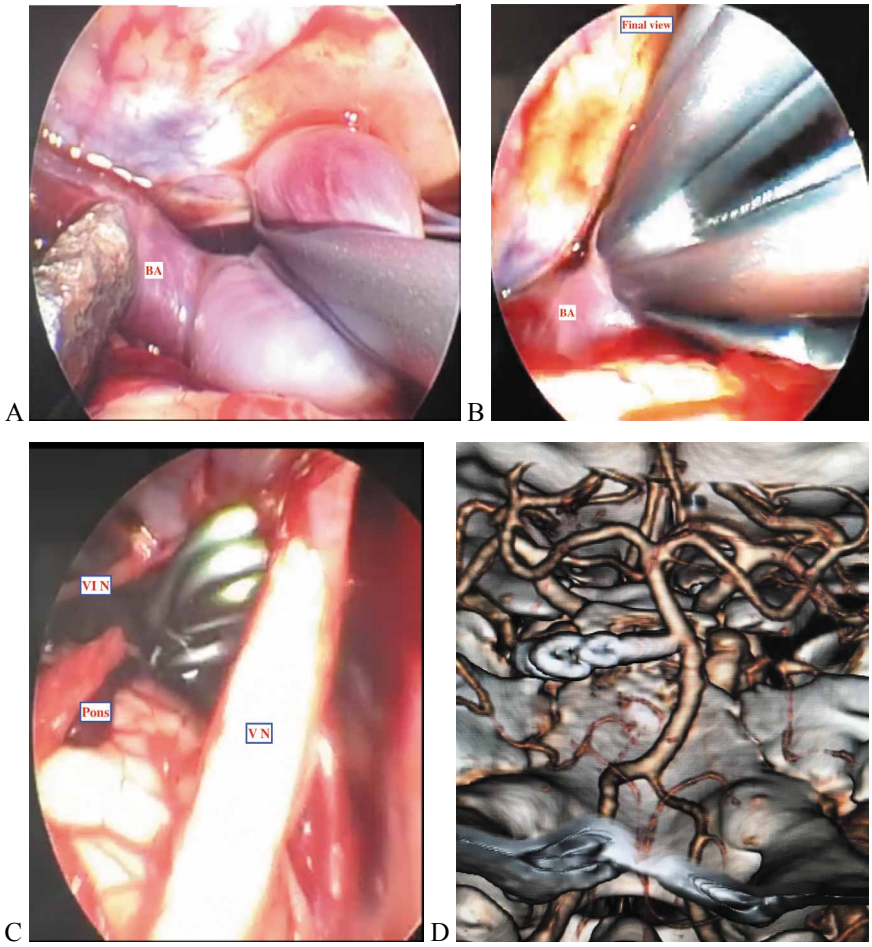

Рисунок 3. A — установка пилотной клипсы на шейку аневризмы, BA — базилярная артерия. B — наложение финальной клипсы, аневризма выключена из кровотока, BA — базилярная артерия. C — положение клипс относительно структур задней черепной ямки, V N — тройничный нерв, VI N — отводящий нерв, Pons — варолиев мост. D — послеоперационная КТ-ангиография (3D-реконструкция), аневризма выключена из кровотока.

Picture 3. A — pilot clipping, BA — basilar artery. B — final clipping, the aneurysm successfully clipped, BA — basilar artery. C — the position of the clips relative to the structures of the posterior cranial fossa, V N — trigeminal nerve, VI N — abducens nerve, Pons — pons Varolii. D — postoperative CT-angiography (3D-reconstruction).

Осуществлена диссекция верхней каменистой вены. После выделения шейки аневризмы с применением эндоскопической ассистенции выполнено параллельное клипирование с использованием трёх клипс (Рисунок 3)

Рана была послойно ушита. Выполнена первичная краниопластика дефекта черепа титановой пластиной. При контрольной КТ-ангиографии, аневризма полностью выключена из кровотока. Пациент выписан в удовлетворительном состоянии без неврологического дефицита на 6-е сутки после операции.

Обсуждение. Первое микрохирургическое клипирование аневризмы базилярной артерии (АБА) было выполнено H. Olivecrona в 1954 г. [12]. В 1960-х годах Drake опубликовал ряд исследований и внёс большой вклад в развитие микрохирургии аневризм вертебробазилярного бассейна, определив факторы неблагоприятных исходов, что в дальнейшем помогло снизить послеоперационную летальность и инвалидизацию [13, 14].

В 1987 г. Sugita опубликовал результаты лечения аневризм ствола базилярной артерии: 8 из 10 (80 %) аневризм были успешно клипированы, остальные 2 (20 %) окутаны хирургической марлей ввиду фузиформного строения. Послеоперационная летальность составила 30 %: 1 пациент умер на 8-е сутки в результате инфекционных осложнений, 2 пациента с фузиформными аневризмами скончались в результате геморрагических осложнений в послеоперационном периоде [15].

В 1994 г. Mizoi и соавт. опубликовали результаты комбинированного лечения аневризм ствола базилярной артерии с применением микрохирургического клипирования в условиях временной баллон-окклюзии несущей артерии. В серии из 5 наблюдений диаметр аневризм варьировал от 4 до 30 мм, время баллон-окклюзии составило от 15 до 30 минут. В послеоперационном периоде у 40 % пациентов (n=2) отмечался транзиторный неврологический дефицит в виде дисфункции отводящего нерва и гемипареза, регрессировавший в течение нескольких месяцев [16].

В 1998 г. Taki и соавт. описали 3 случая комбинированного лечения крупных и гигантских аневризм ствола базилярной артерии, используя микрохирургическое клипирование, дополненное окклюзирующими эндоваскулярными процедурами [17].

В том же году Terasaka и соавт. описана хирургическая техника при фузиформных АБА, включающая переднюю петрозэктомию, иссечение АБА, дополненное реваскуляризацией посредством наложения широкопросветного анастомоза между наружной сонной артерией и P2 сегментом задней мозговой артерии с использованием аутотрансплантата лучевой артерии. [18].

Рандомизированные контролируемые исследования продемонстрировали превосходные результаты эндоваскулярной эмболизации при разрыве аневризм по сравнению с клипированием, особенно в вертебробазилярном бассейне [19–21]. Внедрение результатов рандомизированных исследований в практику сосудистых нейрохирургов привело к более широкому использованию эндоваскулярных методов. В настоящее время большинство центров предпочитают эндоваскулярное лечение АБА. Однако ряд аневризм затруднительно лечить существующими интервенционными методами, например аневризмы с широкой шейкой или наличием перфорирующих сосудов, выходящих из купола [22, 23]. Таким образом, в лечении АБА достижение минимальной травматичности, свойственной эмболизации, и максимальной радикальности, характерной для клипирования, представляется весьма трудным.

Несмотря на технические сложности в микрохирургии АБА, эндоваскулярные вмешательства также имеют свой спектр осложнений. К наиболее распространенным причинам ухудшения исходов в ближайшем и отдаленном послеоперационном периоде являются реканализация и последующий разрыв аневризмы, тромбоз потокотклоняющего стента, миграции микроспиралей в просвет несущей артерии, тромбоз перфорантных артерий [7–10].

К наиболее серьёзным недостаткам эндоваскулярной окклюзии относят реканализацию аневризмы. В мета-анализе безопасности и эффективности эмболизации неразорвавшихся аневризм Naggara и соавт. пришли к выводу, что рецидивы произошли у 24,4 % пациентов (с наблюдением 0,4–3,2 года) и что повторное лечение проводилось у 9,1 % пациентов [24]. Кроме того, было доказано, что рецидивы могут развиваться и через 10 лет после эмболизации. В мета-анализе Lecler и др. описывают рецидив аневризмы (3 класс по модифицированной шкале Raymond-Roy [25]) у 11,4 % пациентов (всего 2787 пациентов и 2902 аневризмы в 15 сериях случаев) [26]. Радикальность эмболизации по Raymond-Roy II при первоначальном лечении и размер аневризмы более 10 мм были факторами риска позднего рецидива в этом анализе. Кроме того, частота образования аневризмы de novo составила 4,1 %. Таким образом, для некоторых пациентов, перенесших эндоваскулярную эмболизацию, может потребоваться долгосрочное наблюдение в течение 10 лет и более [27].

Важным соображением при выборе лечения неразорвавшихся АБА является оценка возможности радикального выключения аневризмы из кровотока. Было показано, что клипирование имеет большую радикальность с более низкой частотой реканализации и повторных операций в сравнении с эндоваскулярным лечением [19, 28–30]. Более ранние исследования, такие как CARAT, показывают, что нерадикальная окклюзия аневризмы является предиктором кровоизлияния после лечения [31]. Для частично эмболизированных неразорвавшихся аневризм частота кровоизлияния из пришеечной части намного ниже (< 1 %), но может быть высокой среди аневризм ВББ [32]. Мета-анализ, проведенный Darflinger и соавт. показал, что неполная окклюзия связана с более высокими показателями повторного лечения [33].

Несмотря на большое количество описанных хирургических доступов к аневризмам ствола базилярной артерии [1, 34–37], до настоящего времени выбор оптимального доступа в хирургии аневризм данной локализации остаётся дискутабельным. В данном клиническом случае нами выбрано клипирование через минимально инвазивный ретросигмовидный доступ с эндоскопической ассистенцией, что имеет эквивалентную безопасность и эффективность эндоваскулярному методу и поэтому является хорошей альтернативой.

В 1994 г. была опубликована первая оригинальная работа, посвященная эндоскопической ассистенции при церебральных аневризмах под авторством J. Fisher & H. Mustafa. В выборке из 24 пациентов преобладали аневризмы передней циркуляции, АБА составили 12,5 % (n=3). Послеоперационная летальность составила 4,17 % (n=1). У 1 больного с АБА имел место интраоперационный разрыв аневризмы с последующим развитием гемипареза вследствие ишемического повреждения [38].

В опубликованном в 1998 г. исследовании A. Perneczky и H. G. Boecher-Schwarz клипирование аневризм с использованием эндоскопической ассистенции было выполнено 66 пациентам, из которых у 7,6 % имелись гигантские аневризмы (n=5) и 40,9 % с аневризмами вертебробазилярного бассейна (n=27). Эндоскоп использовался только для проверки анатомических структур, окружающих аневризмы, в 24,2 % случаях (n=16). У 65,2 % больных (n=43) купол аневризмы также вскрывался под эндоскопическим контролем. Непосредственно клипирование выполнено исключительно под эндоскопическим контролем в 10,6 % случаев (n=7). Только один интраоперационный разрыв произошел во время выделения аневризмы бифуркации базилярной артерии. В послеоперационном периоде у 4,6 % пациентов (n=3) с аневризмами вертебробазилярной локализации отмечался преходящий неврологический дефицит. Стоит отметить, что аневризмы задней циркуляции были клипированы из супраорбитального, птерионально-

го, субтемпорального и трансвентрикулярного доступов. Данное исследование продемонстрировало улучшение визуализации самой аневризмы и окружающих анатомических структур при использовании эндоскопа, что способствует минимальной тракции невральных структур и приводит к снижению послеоперационной летальности [39].

В 2000 году Y. Kato и соавторы опубликовали результаты лечения 64 больных с аневризмами различной локализации, выключенных из кровотока с применением эндоскопической ассистенции. Аневризмы вертебробазилярного бассейна составили 12,5 % (n=8), из них в остром периоде кровоизлияния операция проводилась у 37,5 % (n=3) больных. В результате данной работы были сформулированы основные преимущества использования эндоскопической ассистенции у больных с церебральными аневризмами, к которым авторы отнесли возможность полного сохранения перфорирующих артерий и возможность выявления остаточной шейки и её устранение путем реклипирования [40].

C. Kalavakonda в 2002 г. описал серию из 55 пациентов с 79 аневризмами подвергшихся хирургическому вмешательству с применением эндоскопической ассистенции. У 95 % аневризм с помощью данной техники была достигнута оптимальная интраоперационная визуализация, подтверждающая их тотальное выключение из кровотока. У 33 % пациентов эндоскоп позволил рассмотреть анатомические особенности аневризм, обеспечив сохранение несущей артерии и её ветвей [41].

В 2013 г. R. J. Galzio и соавт. опубликовали исследование, включающее 173 пациента с 206 аневризмами различной локализации, оперированных с помощью микрохирургического клипирования с эндоскопической ассистенцией. АБА составили 6,31 % (n=13) и включали в себя следующие локализации: бифуркации, ствола, и вертебробазилярного перехода. В ходе исследования эндоскопическая ассистенция оказалась полезной при аневризмах верхних отделов базилярной артерии. Анатомические особенности этого отдела позволяют осуществить прямое клипирование, поскольку эти аневризмы располагаются в достаточно больших цистернах, что позволяет зафиксировать эндоскоп в операционном поле. Для аневризм средних отделов базилярной артерии это менее актуально, поскольку они находятся в очень ограниченных субарахноидальных пространствах, где эндоскоп не может быть введен и зафиксирован без риска повреждения нейроваскулярных структур [42].

Peris-Celda M. и соавт в 2014 г. сравнили особенности эндоскопической и микрохирургической анатомии аневризм при птериональном, переднем межполушарном, и субтемпоральном доступах. Авторами было доказано, что эндоскопическая ассистенция в хирургии АБА дополняет и улучшает визуализацию при птериональном доступе, а использование угловых эндоскопов позволяет осуществить диссекцию до контралатерального тройничного нерва и обнажить ствол базилярной артерии ниже, чем при использовании только микрохирургической техники [43].

Таким образом, эндоскопическая ассистенция играет важную роль в микрохирургии аневризм вертебробазилярного бассейна, поскольку способствует улучшению интраоперационной визуализации в условиях небольшой и глубокой операционной раны, дает важную дополнительную информацию об анатомических особенностях нейроваскулярных структур, что становится актуальным при труднодоступных локализациях аневризмы. Кроме того, эндоскопическая ассистенция позволяет оценить правильность положения клипсы на шейке аневризмы и исключить попадание перфорирующих артерий между браншами клипсы [44, 45].

Заключение. Основными критериями выбора индивидуализированного доступа в хирургии церебральных аневризм является безопасность и эффективность. Данный клинический случай демонстрирует возможность успешного клипирования аневризмы ствола базилярной артерии, не прибегая к широкому доступу, но с оптимальной визуализацией шейки и купола как до, так и после клипирования, а также с минимальными рисками повреждений важных парастволовых анатомических образований, что в конечном итоге позволяет достичь благоприятного результата. Поэтому минимально инвазивные доступы в сочетании с эндоскопической ассистенцией могут быть альтернативой как традиционным доступам, так и эндоваскулярной эмболизации.

***Конфликт интересов**. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов. **Conflict of interest.** The author declares no conflict of interest.*

***Финансирование.** Исследование проведено без спонсорской поддержки. **Financing.** The study was performed without external funding.*

***Соблюдение прав пациентов и правил биоэтики:** Все пациенты подписали информированное согласие на участие в исследовании. **Compliance with patient rights and principles of bioethics.** All patients gave written informed consent to participate in the study.*

ORCID авторов / ORCID of authors

Джинджихадзе Реваз Семенович / Dzhindzhikhadze Revaz Semenovich ORCID: 0000-0003-3283-9524

Камбиев Ренат Леонидович / Kambiev Renat Leonidovich ORCID: 0000-0003-3694-4698

Поляков Андрей Викторович / Polyakov Andrey Viktorovich ORCID: 0000-0001-7413-1968

Страхов Григорий Юрьевич / Strakhov Grigoriy Yurievich ORCID: 0000-0002-9083-9293

Зайцев Андрей Дмитриевич / Zaitsev Andrew Dmitrievich ORCID: 0000-0002-0987-3436

Богданович Игорь Олегович / Bogdanovich Igor' Olegovich ORCID: 0000-0003-1181-0036

Литература/References:

1. Inoue Y, Mikami J, Omiya N, Okawara S. Subtemporal transpetrosal approach to ruptured midbasilar trunk aneurysm. Skull Base Surg. 1992;2(2):98–102. https://doi.org/10.1055/s-2008–1057118
2. Locksley HB. Report on the cooperative study of intracranial aneurysms and subarachnoid hemorrhage. Section V part 1 Natural history of subarachnoid hemorrhage intracranial aneurysms and arteriovenous malformations. Based on 6368 cases in the Cooperative Study. J Neurosurg. 1966;25:219–239. https://doi.org/10.3171/jns.1966.25.2.0219
3. Куканов К.К., Тастанбеков М.М., Олюшин В.Е., Пустовой С.В., Пряников М.В. Менингиомы большого затылочного отверстия: обзор литературы и случай из практики. Российский нейрохирургический журнал им. профессора А.Л. Поленова. 2015;7(1):62–72. [Kukanov KK, Tastanbekov MM, Olyushin VE, Pustovoi SV, Pryanikov MV. Meningiomas of the foramen magnum: a review of the literature and a case report. Russian Journal of Neurosurgery. 2015;7(1):62–72. (In Russ.).] EDN: AYGUHH
4. Nakabayashi K, Negoro M, Itou Y, Ichihara K. Endovascular Approach vs Microsurgical Approach for Posterior Circulation Aneurysms. Interv Neuroradiol. 1997;3(suppl 2):171–6. https://doi.org/10.1177/15910199970030S236
5. Крылов В.В., Дашьян В.Г., Винокуров А.Г. Микрохирургия аневризм сосудов головного мозга. М.: АБВ-пресс; 2022. [Krylov VV, Dashyan VG, Vinokurov AG. Microsurgery of cerebral aneurysms. Moscow: ABV-press, 2022. (In Russ.)]. EDN: IVKOCL
6. Lozier AP, Kim GH, Sciacca RR, Connolly ES Jr, Solomon RA. Microsurgical treatment of basilar apex aneurysms: perioperative and long-term clinical outcome. Neurosurgery. 2004;54(2):286–96; discussion 296–9. https://doi.org/10.1227/01.neu.0000103222.13642.00
7. Qu S, Lv X, Wu Z. Clinical outcomes of basilar artery aneurysms. Neuroradiol J. 2009;22(2):228–38. https://doi.org/10.1177/197140090902200215
8. Winkler EA, Lee A, Yue JK, Raygor KP, Rutledge WC, Rubio RR, Josephson SA, Berger MS, Raper DMS, Abla AA. Endovascular embolization versus surgical clipping in a single surgeon series of basilar artery aneurysms: a complementary approach in the endovascular era. Acta neurochirurgica. 2021;163:1527–1540. https://doi.org/10.1007/s00701-021-04803-5
9. Fiorella D, Hsu D, Woo HH, Tarr RW, Nelson PK. Very late thrombosis of a pipeline embolization device construct: case report. Neurosurgery. 2010;67(suppl 3): 313–4; discussion 314. https://doi.org/10.1227/01.NEU.0000383875.08681.23
10. van Rooij WJ, Sluzewski M. Perforator infarction after placement of a pipeline flow-diverting stent for an unruptured A1 aneurysm. AJNR Am J Neuroradiol. 2010;31(4):43–4. https://doi.org/10.3174/ajnr.A2034
11. Kato Y, Sano H, Behari S, Kumar S, Nagahisa S, Iwata S, Kanno T. Surgical clipping of basilar aneurysms: relationship between the different approaches and the surgical corridors. Minim Invasive Neurosurg. 2002;45(3):142–5. https://doi.org/10.1055/s-2002–34351
12. Spetzler RF, Kalani Y, Nakaji P. Neurovascular Surgery. 2nd ed. Thieme Medical Publishers; 2015. https://doi.org/10.1055/b-0035–122313
13. Drake CG. Bleeding aneurysms of the basilar artery. Direct surgical management in four cases. J Neurosurg 1961;18:230–238. https://doi.org/10.3171/jns.1961.18.2.0230
14. Drake CG. The surgical treatment of aneurysms of the basilar artery. J Neurosurg 1968;29:436–446. https://doi.org/10.3171/jns.1968.29.4.0436
15. Sugita K, Kobayashi S, Takemae T, Tada T, Tanaka Y. Aneurysms of the basilar artery trunk. J Neurosurg. 1987;66(4):500–5. https://doi.org/10.3171/jns.1987.66.4.0500
16. Mizoi K, Yoshimoto T, Takahashi A, Ogawa A. Direct clipping of basilar trunk aneurysms using temporary balloon occlusion. J Neurosurg. 1994;80(2):230–6. https://doi.org/10.3171/jns.1994.80.2.0230
17. Taki W, Nakahara I, Sakai N, Irie K, Murao K, Ohkata N, Tanaka M, Kikuchi H. Large and giant middle to lower basilar trunk aneurysms treated by surgical and interventional neuroradiological methods. Neurol Med Chir (Tokyo). 1998;38(12):826–34; discussion 834–5. https://doi.org/10.2176/nmc.38.826
18. Terasaka S, Itamoto K, Houkin K. Basilar trunk aneurysm surgically treated with anterior petrosectomy and external carotid artery-to-posterior cerebral artery bypass: technical note. Neurosurgery. 2002;51(4):1083–7; discussion 1087–8. https://doi.org/10.1097/00006123-200210000-00044
19. Molyneux AJ, Kerr RS, Yu LM, Clarke M, Sneade M, Yarnold JA, Sandercock P. International Subarachnoid Aneurysm Trial (ISAT) Collaborative Group. International subarachnoid aneurysm trial (ISAT) of neurosurgical clipping versus endovascular coiling in 2143 patients with ruptured intracranial aneurysms: a randomised comparison of effects on survival, dependency, seizures, rebleeding, subgroups, and aneurysm occlusion. Lancet. 2005;366(9488):809–17. https://doi.org/10.1016/S0140–6736 (05) 67214-5
20. Spetzler RF, McDougall CG, Albuquerque FC, Zabramski JM, Hills NK, Partovi S, Nakaji P, Wallace RC. The Barrow Ruptured Aneurysm Trial: 3-year results. J Neurosurg. 2013;119(1):146–57. https://doi.org/10.3171/2013.3.JNS12683
21. Wiebers DO, Whisnant JP, Huston J 3rd, Meissner I, Brown RD Jr, Piepgras DG, Forbes GS, Thielen K, Nichols D, O'Fallon WM, Peacock J, Jaeger L, Kassell NF, Kongable-Beckman GL, Torner JC. International Study of Unruptured Intracranial Aneurysms Investigators. Unruptured intracranial aneurysms: natural history, clinical outcome, and risks of surgical and endovascular treatment. Lancet. 2003;362(9378):103–10. https://doi.org/10.1016/s0140–6736 (03) 13860-3
22. Sanai N, Tarapore P, Lee AC, Lawton MT. The current role of microsurgery for posterior circulation aneurysms: a selective approach in the endovascular era. Neurosurgery. 2008;62(6):1236–49; discussion 1249–53. https://doi.org/10.1227/01.neu.0000333295.59738.de
23. Sekhar LN, Tariq F, Morton RP, Ghodke B, Hallam DK, Barber J, Kim LJ. Basilar tip aneurysms: a microsurgical and endovascular contemporary series of 100 patients. Neurosurgery. 2013;72(2):284–98; discussion 298–9. https://doi.org/10.1227/NEU.0b013e3182797952
24. Naggara ON, White PM, Guilbert F, Roy D, Weill A, Raymond J. Endovascular Treatment of Intracranial Unruptured Aneurysms: Systematic Review and Meta-Analysis of the Literature on Safety and Efficacy. Radiology. 2010;256:887–97. https://doi.org/10.1148/radiol.10091982

25. Raymond J, Guilbert F, Weill A, Georganos SA, Juravsky L, Lambert A, Lamoureux J, Chagnon M, Roy D. Long-Term Angiographic Recurrences After Selective Endovascular Treatment of Aneurysms With Detachable Coils. Stroke. 2003;34:1398–403. https://doi.org/10.1161/01.STR.0000073841.88563.E9
26. Lecler A, Raymond J, Rodriguez-Régent C, Shareef FA, Trystram D, Godon-Hardy S, Hassen WB, Meder JF, Oppenheim C, Naggara ON. Intracranial Aneurysms: Recurrences More than 10 Years after Endovascular Treatment-A Prospective Cohort Study, Systematic Review, and Meta-Analysis. Radiology 2015;277:173–80. https://doi.org/10.1148/radiol.2015142496
27. Soize S, Gawlitza M, Raoult H, Pierot L. Imaging Follow-Up of Intracranial Aneurysms Treated by Endovascular Means: Why, When, and How? Stroke. 2016;47(5):1407–12. https://doi.org/10.1161/STROKEAHA.115.011414
28. Lanzino G, Murad MH, d'Urso PI, Rabinstein AA. Coil embolization versus clipping for ruptured intracranial aneurysms: a meta-analysis of prospective controlled published studies. AJNR Am J Neuroradiol. 2013;34(9):1764–8. https://doi.org/10.3174/ajnr.A3515
29. Li H, Pan R, Wang H, Rong X, Yin Z, Milgrom DP, Shi X, Tang Y, Peng Y. Clipping versus coiling for ruptured intracranial aneurysms: a systematic review and meta-analysis. Stroke. 2013;44(1):29–37. https://doi.org/10.1161/STROKEAHA.112.663559
30. Spetzler RF, McDougall CG, Zabramski JM, Albuquerque FC, Hills NK, Nakaji P, Karis JP, Wallace RC. Ten-year analysis of saccular aneurysms in the Barrow Ruptured Aneurysm Trial. J Neurosurg. 2019;132(3):771–776. https://doi.org/10.3171/2018.8.JNS181846
31. Johnston SC, Dowd CF, Higashida RT, Lawton MT, Duckwiler GR, Gress DR. CARAT Investigators. Predictors of rehemorrhage after treatment of ruptured intracranial aneurysms: the Cerebral Aneurysm Rerupture After Treatment (CARAT) study. Stroke. 2008;39(1):120–5. https://doi.org/10.1161/STROKEAHA.107.495747
32. Munich SA, Cress MC, Rangel-Castilla L, Sonig A, Ogilvy CS, Lanzino G, Petr O, Mocco J, Morone PJ, Snyder KV, Hopkins LN, Siddiqui AH, Levy EI. Neck Remnants and the Risk of Aneurysm Rupture After Endovascular Treatment With Coiling or Stent-Assisted Coiling: Much Ado About Nothing? Neurosurgery. 2019;84(2):421–427. https://doi.org/10.1093/neuros/nyy056
33. Darflinger R, Thompson LA, Zhang Z, Chao K. Recurrence, retreatment, and rebleed rates of coiled aneurysms with respect to the Raymond-Roy scale: a meta-analysis. J Neurointerv Surg. 2016;8(5):507–11. https://doi.org/10.1136/neurintsurg-2015–011668
34. Giannotta SL, Maceri DR. Retrolabyrinthine transsigmoid approach to basilar trunk and vertebrobasilar artery junction aneurysms. Technical note. J Neurosurg. 1988;69(3):461–6. https://doi.org/10.3171/jns.1988.69.3.0461
35. Kawase T, Toya S, Shiobara R, Mine T. Transpetrosal approach for aneurysms of the lower basilar artery. J Neurosurg. 1985;63(6):857–61. https://doi.org/10.3171/jns.1985.63.6.0857
36. Motoyama Y, Ohnishi H, Koshimae N, Kanemoto Y, Kim YJ, Yamada T, Kobitsu K. Direct clipping of a large basilar trunk aneurysm via the posterior petrosal (extended retrolabyrinthine presigmoid) approach — case report. Neurol Med Chir (Tokyo). 2000;40(12):632–6. https://doi.org/10.2176/nmc.40.632
37. Seifert V. Direct surgery of basilar trunk and vertebrobasilar junction aneurysms via the combined transpetrosal approach. Neurol Med Chir (Tokyo). 1998;38(suppl):86–92. https://doi.org/10.2176/nmc.38.suppl_86
38. Fischer J, Mustafa H. Endoscopic-guided clipping of cerebral aneurysms. Br J Neurosurg. 1994;8(5):559–65. https://doi.org/10.3109/02688699409002948
39. Perneczky A, Boecher-Schwarz HG. Endoscope-assisted microsurgery for cerebral aneurysms. Neurol Med Chir (Tokyo). 1998;38(suppl):33–4. https://doi.org/10.2176/nmc.38.suppl_33
40. Kato Y, Sano H, Nagahisa S, Iwata S, Yoshida K, Yamamoto K, Kanno T. Endoscope-assisted microsurgery for cerebral aneurysms. Minim Invasive Neurosurg. 2000;43(2):91–7. https://doi.org/10.1055/s-2000–12260
41. Kalavakonda C, Sekhar LN, Ramachandran P, Hechl P. Endoscope-assisted microsurgery for intracranial aneurysms. Neurosurgery. 2002;51(5):1119–26; discussion 1126–7. https://doi.org/10.1097/00006123-200211000-00004
42. Galzio RJ, Di Cola F, Raysi Dehcordi S, Ricci A, De Paulis D. Endoscope-assisted microneurosurgery for intracranial aneurysms. Front Neurol. 2013;4:201. https://doi.org/10.3389/fneur.2013.00201
43. Peris-Celda M, Da Roz L, Monroy-Sosa A, Morishita T, Rhoton AL Jr. Surgical anatomy of endoscope-assisted approaches to common aneurysm sites. Neurosurgery. 2014;10(suppl1):121–44; discussion 144. https://doi.org/10.1227/NEU.0000000000000205
44. Джинджихадзе Р.С., Древаль О.Н., Лазарев В.А., Камбиев Р.Л., Ббогданович И.О. Трансциллиарный миниорбитозигоматический keyhole доступ к аневризмам верхних отделов основной артерии. Клинический пример и обзор литературы. Российский нейрохирургический журнал им. профессора А.Л. Поленова. 2017; 9(1):69–74. [Dzhindhikhadze RS, Dreval ON, Lazarev VA, Kambiev RL, Bogdanovich IO. Transciliary miniorbitozygomatic keyhole approach to the upper basilar artery aneurysm. Clinical case and review of the literature. Russian Journal of Neurosurgery. 2017; 9(1):69–74. (In Russ.).] EDN: LGIPTF
45. Джинджихадзе Р.С., Древаль О.Н., Лазарев В.А., Поляков А.В., Камбиев Р.Л., Давудов А.М. Эндоскопическая ассистенция при keyhole-доступах в хирургии церебральных аневризм. Журнал «Вопросы нейрохирургии» имени Н.Н. Бурденко. 2018;82(4):38–44. [Dzhindzhikhadze RS, Dreval' ON, Lazarev VA, Poliakov AV, Kambiev RL, Davudov AM. Endoscope-assisted keyhole approach in cerebral aneurysm surgery. Zhurnal Voprosy Neirokhirurgii Imeni N.N. Burdenko. 2018;82(4):38–44. (In Russ.).] https://doi.org/10.17116/neiro201882438