

DOI: 10.1186/1748-717X-7-162.



ИНФУНДИБУЛЯРНОЕ РАСШИРЕНИЕ УСТЬЕВ ЦЕРЕБРАЛЬНЫХ АРТЕРИЙ: ОТ ДИАГНОСТИКИ К ТАКТИКЕ ВЕДЕНИЯ ПАЦИЕНТОВ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

П. Г. Шнякин^{1,2}, П. Г. Руденко^{1,2}, А. В. Ботов^{1,2}, И. А. Казадаева¹¹ ФГБОУ «Красноярский государственный медицинский университет
им. проф. В. Ф. Войно-Ясенецкого», Красноярск,² КГБУЗ «Краевая клиническая больница», Красноярск

РЕЗЮМЕ.

Обзор посвящён проблеме инфундибулярного расширения (ИР) устьев мозговых сосудов и прежде всего устья задней соединительной артерии (ЗСА). В настоящее время среди нейрохирургов отсутствуют единые взгляды на данную проблему. Считается, что они не опасны и не требуют динамического наблюдения. При этом накоплено значительное количество клинических случаев и серий наблюдений как прямых разрывов инфундибулярных расширений, так и их трансформации в аневризмы с последующим разрывом. В обзоре рассмотрены вопросы диагностики инфундибулярного расширения устьев мозговых артерий и их отличие от милиарных аневризм. Особое внимание уделено вариантам тактики при субарахноидальном кровоизлиянии (САК) в отсутствие другой сосудистой патологии.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: инфундибулярное расширение, задняя соединительная артерия, церебральная аневризма, милиарная аневризма, субарахноидальное кровоизлияние.

Для цитирования: Шнякин П. Г., Руденко П. Г., Ботов А. В., Казадаева И. А. Инфундибулярное расширение устьев церебральных артерий: от диагностики к тактике ведения пациентов (обзор литературы). Российский нейрохирургический журнал им. проф. А. Л. Поленова. 2022;14(2):197–203

INFUNDIBULAR DILATION OF CEREBRAL ARTERIES: FROM DIAGNOSIS TO MANAGEMENT OF PATIENTS (LITERATURE REVIEW)

P. G. Shnyakin^{1,2}, P. G. Rudenko^{1,2}, A. V. Botov^{1,2}, I. A. Kazadaeva¹¹ Professor V. F. Voyno-Yasenetsky Krasnoyarsk State Medical University, Krasnoyarsk, Russia² Krasnoyarsk Regional Clinical Hospital, Krasnoyarsk, Russia

SUMMARY.

The review is devoted to the problem of infundibular dilatation (ID) of cerebral vessels and, first of all, the posterior communicating artery (PCA). Currently, there are no common views on this problem among neurosurgeons. It is believed that they are not dangerous and do not require dynamic monitoring. At the same time, a significant number of clinical cases and series of observations of direct ruptures of infundibular extensions and their transformation into aneurysms with subsequent rupture have been accumulated. In the review, the issues of diagnosing infundibular dilatation of the cerebral arteries and their difference from miliary aneurysms are considered. Particular attention is paid to the options for management of subarachnoid hemorrhage (SAH) in the absence of other vascular pathology.

KEY WORDS: infundibular dilation, posterior communicating artery, cerebral aneurysm, very small aneurysm, subarachnoid hemorrhage.

For citation: Shnyakin P. G., Rudenko P. G., Botov A. V., Kazadaeva I. A. Infundibular dilation of cerebral arteries: from diagnosis to management of patients (literature review). Rossiiskii neurokhirurgicheskii zhurnal imeni professora A. L. Polenova. 2022;14 (2):197–203

Список сокращений

ВСА — внутренняя сонная артерия
ЗМА — задняя мозговая артерия
ЗСоА — задняя соединительная артерия
ИР — инфундибулярное расширение
МРТ — магнитно-резонансная томография

МСКТ — мультиспиральная компьютерная томография
ПСА — передняя соединительная артерия
САК — субарахноидальное кровоизлияние
СМА — средняя мозговая артерия
ЦАГ — церебральная ангиография

Инфундибулярное расширение (ИР) устья артерии Виллизиевого круга — это локальная дилатация начального сегмента сосуда, имеющая треугольную форму, от вершины которой отходит основной ствол. Ниже представлены собственные наблюдения ИР устья задней соединительной артерии (ЗСоА) (рис. 1–2) и ИР устья ранней корковой ветви средней мозговой артерии (СМА) (рис. 2).



Рис. 1. Инфундибулярное расширение устья правой задней соединительной артерии (указано жирной стрелкой). Тонкими стрелками указан ход задней соединительной артерии.

Figure 1. Infundibular dilation of the right posterior communicating artery (indicated by a bold arrow). Thin arrows indicate the course of the posterior communicating artery.

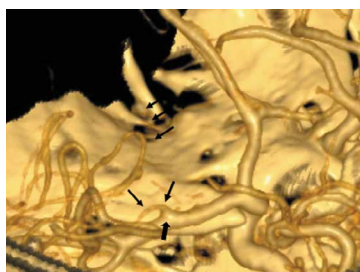


Рис. 2. Инфундибулярное расширение ранней корковой (височной) ветви левой средней мозговой артерии (указано жирной стрелкой). Тонкими стрелками указан ход основного ствола ранней височной ветви.

Figure 2. Infundibular dilation of the early cortical (temporal) branch of the left middle cerebral artery (indicated by the bold arrow). Thin arrows indicate the course of the main trunk of the early temporal branch.

Также для наглядности представим клинический случай пациентки, оперированной по поводу аневризмы передней соединительной артерии (ПСА). Кроме аневризмы у пациентки имелось ИР устья ЗСоА (рис. 3).

Несмотря на то, что на ангиограммах практически не видна ЗСоА, отходящая от вершины ИР, на операции отчетливо видна артерия, продолжающаяся из вершины ИР устья ЗСоА (рис. 4).



Рис. 3. Инфундибулярное расширение устья левой задней соединительной артерии (указана жирной стрелкой).

Figure 3. Infundibular dilation of the left posterior communicating artery (indicated by a bold arrow).

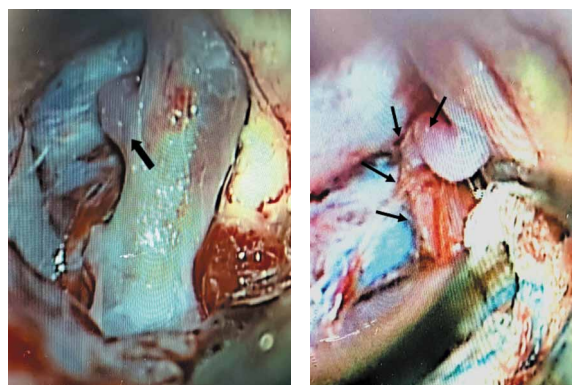


Рис. 4. Интраоперационная фотография.

На рис. А стрелкой обозначено ИР устья ЗСоА.

На рис. Б отчетливо прослеживается ход ЗСоА (указан стрелками).

Figure 4. Intraoperative photo. In figure A, the arrow indicates the ID of the PCA. In figure B, the course of the PCA is clearly traced (indicated by arrows).

Несмотря на то, что ИР устьев артерий Виллизиевого круга — состояние известное специалистам, занимающимся цереброваскулярной патологией, нет единого мнения о том, норма это или патология, требуют ли они динамического наблюдения и возможна ли их трансформация в аневризмы?

Первые работы по ИР устья задней соединительной артерии опубликованы О. Hassler и G. F. Saltzman в 50–60 годах XX века [1, 2]. Большинство публикаций последних 30 лет по данной проблеме также посвящены ИР устья ЗСоА, частота встречаемости которых составляет от 2 до 25 % [3–9]. Такая большая разница в цифрах во многом обусловлена использованием разных методов диагностики: МСКТ/МРТ-ангиографии, церебральной ангиографии (ЦАГ), исследования морфологических препаратов. Например, результаты изучения секционного материала свидетельствуют о том, что ИР устья ЗСоА встречаются в интервале 2–10 % случаев [7, 10, 11].

Ж. Yu и соавт. (2015) предполагают, что ИР встречается с разной частотой у представителей разных популяций и рас [8], при этом по некоторым данным ИР устья ЗСоА чаще встречается у женщин [9]. Не-

смотря на то, что по данным A.A. Dmytriw и соавт. (2020) это состояние может встречаться у детей [12], в большинстве наблюдений ИР выявляется у лиц старше 50 лет [3, 7–9].

Одной из проблем ИР, в том числе их отличия от милиарных аневризм, являются критерии постановки диагноза [13]. В настоящее время большинство авторов выделяют следующие критерии диагностики ИР:

- размер не более 3 мм
- треугольная или коническая форма
- от вершины отходит сосуд [3, 8, 14, 15].

Однако стоит отметить, что не все эти признаки позволяют дифференцировать ИР от милиарной аневризмы с широкой шейкой. Наиболее надежным из них представляется отхождение артерии от вершины треугольного расширения. Следует отметить, что выявление этого признака может быть затруднительным в случае гипоплазии ЗСоА и её плохой видимости на ангиографии, что при ИР устья ЗСоА встречается достаточно часто [8].

J. Yuan и соавт. (2020) выявили статистически значимые параметры, помогающие отличить ИР устья ЗСоА от аневризмы:

- средний размер ИР — $2,36 \pm 0,55$ мм, средний размер аневризмы ЗСоА $4,42 \pm 1,57$ мм
- угол между офтальмическим сегментом внутренней сонной артерии (ВСА) и ЗСоА при ИР — $79,5^\circ \pm 12,7^\circ$, при аневризме ЗСоА — $42,9^\circ \pm 15,8^\circ$
- диаметр ЗСоА при ИР — $1,04 \pm 0,25$ мм, при аневризме ЗСоА — $1,37 \pm 0,33$ мм.

Один из самых дискуссионных вопросов среди исследователей — ИР это вариант нормы или преданевризматическое состояние? В классических русскоязычных и зарубежных анатомических атласах, и руководствах практически нигде не упоминается инфундибулярное расширение устьев артерий, как вариант нормального строения. Только в нейрохирургическом атласе A. Rhoton есть сведения о том, что ИР устья ЗСоА встречается в 6 % случаев, что не подтверждает того, что оно является вариантом нормы [11]. При этом по данным A. Rhoton даже без ИР диаметр ЗСоА в месте отхождения от ВСА несколько больше, чем в месте впадения в заднюю мозговую артерию (ЗМА).

По результатам исследования B. J. Pereira и соавт. (2013) ИР может быть результатом неполной редукции фетальной ЗСоА, которая во внутриутробном периоде представляет собой заднюю мозговую артерию, отходящую от ВСА [16].

То, что ИР может быть нормальным и врожденным состоянием, подтверждает исследование A. A. Dmytriw и соавт. (2020), наблюдавших 60 детей в возрасте от 2 до 18 лет с ИР устьев артерий Виллизиевого круга [12]. Однако эта теория подвергается сомнению аутопсийным исследованием 190 плодов, проведенным S. Vlaković с соавт. (2015), не обнаружившими ИР устьев артерий Виллизиевого круга ни в одном случае [7].

Ответ на вопрос о том, насколько ИР является «преданевризматическим состоянием» должно было дать гистологическое исследование сосудистой стенки. Однако и в этом заключения специалистов расходятся. Так, по данным J. Yuan и соавт. (2020) в ИР все слои стенки артерии сохранены, в то время как по более ранним исследованиям O. Hassler её гистологическая структура похожа на структуру аневризмы [2]. B. J. Pereira и соавт. (2013) также ссылаются на то, что в области ИР могут наблюдаться дефекты внутренней эластической мембраны [16]. C. Martins и соавт. (2002) считают, что нормальная стенка в области ИР может со временем расширяться и принимать черты аневризматической [17]. В такой неоднозначной ситуации W. Lee и соавт. (2021) высказали удачную примеряющую позицию, рассматривая ИР как вариант нормального анатомического строения, который со временем может изменяться и приобретать «преданевризматический статус» [14].

От фундаментальных вопросов этиопатогенеза ИР, перейдем к ряду вопросов, особенно волнующих клиницистов:

- наиболее надежный метод диагностики ИР?
- возможен ли разрыв ИР?
- может ли ИР трансформироваться в аневризму?
- какая тактика при субарахноидальном кровоизлиянии при выявлении только ИР устья артерии?

В настоящее время большинство исследователей ссылаются на то, что оптимальным методом диагностики является ЦАГ, особенно с возможностью трехмерной реконструкции [3, 18–20]. Однако это означает, что всем пациентам с ИР устья церебральной артерии необходимо назначать ЦАГ, являющуюся инвазивной и стационарной процедурой. У пациентов без САК вполне допустима диагностика ИР на основании МСКТ-ангиографии. В то время как при САК и наличии только ИР устья церебральной артерии по данным МСКТ-ангиографии совершенно оправдано выполнение ЦАГ.

Опубликованы отдельные клинические случаи и серии наблюдений прямого разрыва ИР устья ЗСоА [5, 8, 14, 21, 22]. T. Ohyama и соавт. (1994) описывают случай 59-летнего мужчины, умершего от массивного субарахноидального кровоизлияния, на вскрытии у которого был обнаружен разрыв ИР ЗСоА [22]. Кроме того, приводятся данные о разрывах микроаневризм, возникающих на стенке ИР [8, 16, 23–25].

Однако наибольшее количество наблюдений касаются трансформации ИР устья ЗСоА в аневризму с последующим её разрывом [3, 4, 8, 14, 17, 26–28].

На основании возможности разрыва, а также трансформации в аневризму, предложена следующая классификация ИР [3, 4]:

- 1) не изменяющийся на протяжении длительного времени тип;
- 2) разрыв ИР без предшествующей трансформации в аневризму;
- 3) образование мешотчатой аневризмы из ИР.

Есть данные о том, что прямой разрыв ИР встречается в более молодом возрасте, чем разрыв при ее трансформации в аневризму [9, 14].

Представляет интерес классификация W.-Y. Shi и соавт. (2011) аневризм ЗСоА относительно ИР устья ЗСоА: 1 тип — аневризматическое выпячивание из стенки ИР; 2 тип — аневризма возникает и полностью захватывает ИР; 3 тип — аневризма расположена рядом с ИР.

Важным является время трансформации ИР в мешотчатую аневризму ЗСоА. В большинстве клинических случаев и серий наблюдений этот период занимает 7–10 лет [3, 4, 6, 8, 27, 28]. С. Martins и соавт. (2002) описали случай трансформации ИР в аневризму за 11 месяцев. У мужчины 53 лет с клиникой субарахноидального кровоизлияния были диагностированы аневризмы левой средней мозговой артерии, коммуникантного сегмента левой ВСА и ИР устья правой ЗСоА. Обе аневризмы заклипированы, пациент выписан в удовлетворительном состоянии. Через 11 месяцев вновь развилась клиника САК, а на месте ИР обнаружена мешотчатая аневризма, которая также была благополучно выключена [17]. Из более ранних наблюдений стоит отметить клинический случай, описанный S. Trasi и соавт. (1981) о формировании в течение 6 месяцев артериальной аневризмы из ранее выявленного ИР устья ЗСоА у женщины 26 лет [29].

Можно выделить ряд факторов риска трансформации ИР в аневризму, однако следует понимать, что серии наблюдений, по которым сделаны выводы, не столь большие [3, 8, 9]:

- ИР в сочетании с любыми церебральными аневризмами (особенно с аневризмами ЗСоА с противоположной стороны)
- двусторонние ИР
- большой диаметр ЗСоА, отходящей от ИР
- женский пол
- артериальная гипертензия

Таким образом, на основании вышеизложенных данных, имеется определенный риск трансформации ИР в артериальную аневризму, в связи с чем подобным пациентам необходимо выполнять МСКТ-ангиографию в динамике. При этом четкие сроки контрольных исследований не определены. N. McLaughlin и соавт. (2013) при случайном обнаружении ИР рекомендуют проводить контрольную МСКТ-ангиографию через 6 месяцев, а в дальнейшем ежегодно на протяжении 3 лет [19]. Следует отметить, что этот период может быть продлен, особенно учитывая тот факт, что наибольшее количество опубликованных клинических случаев касаются трансформации ИР в аневризму в сроки 7–9 лет.

В случаях трансформации ИР в аневризму и её разрыве никаких трудностей в тактике ведения пациента не возникает. В то же время САК при наличии ИР и отсутствии другой сосудистой патологии является нерешенной проблемой и наиболее часто рассматривается как «ангиографически негативный»

случай. Однако, по мнению ряда исследователей, это не совсем верно, поскольку возможен как прямой разрыв ИР, так и разрыв микроаневризмы на стенке ИР (чаще видимой только на операции) [8, 17].

При этом стоит акцентировать внимание на том, что в условиях кровоизлияния и ангиоспазма контрастирование ЗСоА может быть очень слабым, что затрудняет дифференцировку ИР от милиарной аневризмы устья артерии.

Все мнения относительно тактики ведения пациентов САК и выявления только ИР устья церебральной артерии можно разделить на три группы:

- недостаточно данных за показания к операции [30]
- активная хирургическая тактика по выключению ИР [5]
- хирургическое выключение в случае повторного САК и отсутствия других источников кровотечения в динамике [8]

J. Yu и соавт. (2010) считают обоснованной выжидательную тактику у пациентов с САК и ИР, объясняя это тем, что разорвавшаяся аневризма может быть тромбирована и не видна, и, закрыв выявленное ИР, можно оставить истинную причину кровоизлияния не выключенной [8]. В этой связи авторы рекомендуют дожидаться рассасывания крови и разрешения ангиоспазма, после чего повторить ЦАГ и в случае отсутствия аневризмы решать вопрос о выключении ИР.

Как и при артериальных аневризмах, при САК на фоне ИР выполняют два вида вмешательств:

- открытое выключение ИР (в некоторых случаях укрепление стенки ИР) [3, 5, 17, 31, 32].
- эндоваскулярное выключение ИР с помощью микроспиралей со стент-ассистенцией, установка поток-перенаправляющих стентов [8, 33]

Основной вопрос при хирургическом выключении ИР устья ЗСоА касается безопасности процедуры, с учетом того, что ЗСоА и отходящие от нее перфорантные ветви, участвуют в кровоснабжении зрительного тракта, серого бугра, сосцевидных тел, хвостатого ядра и глазодвигательного нерва [34]. В этой связи В. J. Pereira и соавт. (2013) считают, что, принимая решение клипировать ИР вместе с ЗСоА, нужно интраоперационно оценить количество и калибр отходящих перфорантов, которые могут быть плохо видны на ЦАГ [16]. Это подтверждают результаты анатомического исследования А. Pedroza и соавт (1987), установивших, что количество перфорантов зависит от диаметра ЗСоА [10], а как было уже указано выше, при ИР задняя соединительная артерия в большинстве случаев слабо выражена [9].

В большинстве описанных клинических наблюдений выключение ИР вместе с ЗСоА не сопровождалось появлением каких-либо стойких неврологических нарушений [3, 5, 8]. Одной из причин отсутствия грубого дефицита после выключения ИР устья ЗСоА является тот факт, что по коммуникантной артерии кровь может течь в обоих направлениях, поэтому

при закрытии в области ВСА она начинает поступать из ЗМА, в связи с чем сохраняется кровоснабжение перфорантных ветвей [35].

Описаны случаи компрессии ИР устья ЗСоА рядом расположенного глазодвигательного нерва с развитием его нейропатии. S. Fukami и соавт. (2018) приводят наблюдение пациентки 70 лет с парезом III пары, у которой по результатам ЦАГ была выявлена аневризма в области ЗСоА, однако во время операции обнаружено ИР ее устья. Выполнена микроваскулярная декомпрессия с полным регрессом симптомов в течение 3 месяцев [36]. E. Dowlati и соавт. (2020) описывают клинический случай пациентки 53 лет с преходящим парезом глазодвигательного нерва, у которой по данным ангиографии была заподозрена аневризма устья ЗСоА. Однако при проведении операции также было выявлено ИР устья ЗСоА и хирургии ограничились объемом микроваскулярной декомпрессии глазодвигательного нерва [37].

Основное количество наблюдений по ИР касаются устья ЗСоА, при этом в рамках данного обзора стоит отметить, что подобные анатомические варианты встречаются почти на всех церебральных артериях. Опубликованы клинические случаи как их прямых разрывов, так и трансформации в мешотчатые аневризмы [38].

A. Narducci и соавт. (2019) опубликовали данные об ИР устья добавочной передней мозговой артерии (ПМА), которое первично было принято за аневризму [39].

J. Park и соавт. (2017) описали 2 случая аневризм ПСА, оказавшихся в одном наблюдении ИР устья артерии Гейбнера, а в другом — ИР перфоранта, отходящего от нижней стенки ПСА [40].

S. Yoshimura и соавт. (2017) привели наблюдение разрыва микроаневризмы из стенки ИР устья каллозомаргинальной артерии [25].

N. McLaughlin и соавт. (2013) описали случай мужчины 39 лет, которому планировалось оперативное лечение по поводу аневризмы P1-сегмента ЗМА, диагностированной по данным МСКТ-ангиографии и МРТ-ангиографии. Однако при проведении ЦАГ с трёхмерной реконструкцией визуализировано

двухпиковое инфундибулярное расширение, причем от каждого пика отходили крупные задние таламо-перфорирующие артерии. Дополнительно у пациента были выявлены ИР в области устья ЗСоА и устья передней ворсинчатой артерии [19].

Заключение.

Инфундибулярное расширение устья задней соединительной артерии встречается не менее чем у 5 % населения, причем количество пациентов с данным состоянием будет возрастать параллельно увеличению частоты выполнения ангиографических исследований. Динамическое наблюдение и МСКТ-ангиографический контроль у пациентов с ИР в отсутствие САК, аналогичны таковым при милиарных аневризмах, и лишь при трансформации в мешотчатую аневризму необходимо решение вопроса о хирургическом лечении.

В случаях выявления ИР устья артерий по данным МСКТ-ангиографии у пациентов с субарахноидальным кровоизлиянием необходимо выполнить церебральную ангиографию. Если по результатам ЦАГ сосудистая патология, включая микроаневризму на стенке ИР, не будет визуализирована, следует провести контрольную ангиографию в динамике. При отсутствии другой патологии по данным контрольной ЦАГ, следует рассмотреть возможность хирургического лечения. В случае повторного САК на фоне ИР оправдано его выключение.

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

ORCID авторов/ ORCID of authors:

Шнякин Павел Геннадьевич/ Shnyakin Pavel Gennad'evich
<https://orcid.org/0000-0001-6321-4557>

Руденко Павел Геннадьевич/ Rudenko Pavel Gennad'evich
<https://orcid.org/0000-0001-9390-3134>

Ботов Антон Витальевич/ Botov Anton Vital'evich
<https://orcid.org/0000-0001-6393-0430>

Казадаева Инна Александровна/
Kazadaeva Inna Aleksandrovna
<https://orcid.org/0000-0002-1562-6976>

Литература/ References

- Hassler O., Saltzman G. F. Histologic changes in infundibular widening of the posterior communicating artery. Acta Pathol Microbiol Immunol Scand. 1959;46:305–312. <https://doi.org/10.1111/j.1699-0463.1959.tb01100.x>.
- Hassler O., Saltzman G. F. Angiographic and histologic changes in infundibular widening of the posterior communicating artery. Acta Radiol. 1963;1:321–327. <https://doi.org/10.1177/028418516300100225>
- Chen Ch.-J., Moosa Sh., Ding D. et al. Infundibular dilations of the posterior communicating arteries: pathogenesis, anatomical variants, aneurysm formation, and subarachnoid hemorrhage. J. Neurointerv. Surg. 2016;8(8):791–795. <https://doi.org/10.1136/neurintsurg-2015-011827>.
- Fischer S., Hopf N., Henkes H. Evolution from an infundibulum of the posterior communicating artery to a saccular aneurysm. Clin. Neuroradiol. 2011;21:87–90. <https://doi.org/10.1007/s00062-010-0038-1>
- González-Darder J. M., Verdú-López F., Quilis-Quesada V. Management and microsurgical treatment of infundibular dilatations of the posterior communicating artery. Series of nine cases and review of the literature. Neurocirugía (Astur). 2011;22(4):301–309.

6. Radulovic D., Nestorovic B., Rakic M. et al. Enlargement to a saccular aneurysm and subsequent rupture of infundibular widening of posterior communicating artery. *Neurochirurgie*. 2006;52(6):525–528. [https://doi.org/10.1016/s0028-3770\(06\)71360-1](https://doi.org/10.1016/s0028-3770(06)71360-1)
7. Vljaković S., Vasović L., Trandafilović M. et al. Infundibular dilatation of the posterior communicating artery in a defined population. *Ann. Anat.* 2015;197:50–58. <https://doi.org/10.1016/j.aanat.2014.10.003>
8. Yu J., Xu B., Liu Y. Progress in treating ruptured infundibular dilatation at the origin of the intracranial posterior communicating artery. *Int. J. Clin. Exp. Med.* 2015;8(10).
9. Yuan J., Li Zh., Jiang X. et al. Hemodynamic and morphological differences between unruptured carotid-posterior communicating artery bifurcation aneurysms and infundibular dilations of the posterior communicating artery. *Front Neurol.* 2020;24(11):741. <https://doi.org/10.3389/fneur.2020.00741>.
10. Pedroza A., Dujovny M., Artero J. C. et al. Microanatomy of the posterior communicating artery. *Neurosurgery*. 1987;20(2):228–235. <https://doi.org/10.1227/00006123-198702000-00005>
11. Rhoton A., Peris-Celda M., Martinez-Soriano F. Atlas of Head, Neck, and Brain. Thieme;2018. <https://doi.org/10.1055/b-005-143312>
12. Dmytriw A. A., D.-Al. Bisson D.-Al., Phan K. et al. Locations, associations and temporal evolution of intracranial arterial infundibular dilatations in children. *J. Neurointerv. Surg.* 2020;12(5):495–498. <https://doi.org/10.1021/acs.ja.1c00499>
13. Min K.-J., Yoon D.-Y., Kim H.-C. et al. Infundibular dilation and aneurysm at the origin of the posterior communicating artery: differential diagnosis by CT angiography. *Neuroradiology*. 2014;56(11):917–923.
14. Lee W., Han H. J., Kim J. et al. Ruptured Infundibular dilatation of the posterior communicating artery. *Acta Neurochir (Wien)*. 2021;163(3):797–803. <https://doi.org/10.1007/s00701-021-04716-3>
15. Kim Y. J., Yoon D. Y., Kim E. S. et al. Geometric parameters on MRA source images to differentiate small Proximal Posterior communicating artery aneurysms from Infundibular dilation. *J. Neuroimaging*. 2021;31(3):532–540. <https://doi.org/10.1111/jon.12846>
16. Pereira B. J., Holanda V. M., Holanda C. V. et al. Intracranial aneurysm arising from infundibular dilation. *BMJ Case Rep.* 2013;31: bcr2013200115. <https://doi.org/10.1136/bcr-2013-200115>.
17. Martins C., Macanovic M. L., Costa e Silva Is. E. et al. Progression of an arterial infundibulum to aneurysm: case report. *Arq. Neuropsiquiatr.* 2002;60(2-B):478–480. <https://doi.org/10.1590/s0004-282x2002000300026>.
18. Kubota T., Niwa J., Tanigawara T. et al. Differential diagnosis between aneurysm and infundibular dilatation in the IC-PC region with 3D-CTA. *No Shinkei Geka*. 2000;28(1):31–39.
19. McLaughlin N., Villablanca P. J., Jahan R. et al. An infundibulum of thalamoperforator arteries: Importance of angiographic images for appropriate diagnosis. *Surg. Neurol. Int.* 2013;30(4):44. <https://doi.org/10.4103/2152-7806.109811>.
20. Shi W.-Y., Li Y.-D., Li M.-H. et al. Infundibular dilation: an anatomical variant or a pre-aneurysm? Advantages of assessment with three-dimensional rotational angiography. *Surg. Radiol. Anat.* 2011;33(1):75–80.
21. Coupe N. J., Athwal R. K., Marshman L. A. Subarachnoid hemorrhage emanating from a ruptured infundibulum: case report and literature review. *Surg. Neurol.* 2007;67:204–206. <https://doi.org/10.1016/j.surneu.2006.05.066>
22. Ohyama T., Ohara S., Momma F. Fatal subarachnoid hemorrhage due to ruptured infundibular widening of the posterior communicating artery — case report. *Neurol Med Chir (Tokyo)*. 1994;34(3):172–175. <https://doi.org/10.2176/nmc.34.172>
23. Endo S., Furuichi S., Takaba M. et al. Clinical study of enlarged infundibular dilation of the origin of the posterior communicating artery. *J. Neurosurg.* 1995;83(3):421–425. <https://doi.org/10.3171/jns.1995.83.3.0421>
24. Nashimoto T., Saito T., Kurashima A. et al. Rupture of a small aneurysm originating from an infundibular dilatation-case report. *Brain Nerve*. 2009;61(10):1177–1181.
25. Yoshimura S., Somagawa C., Satoh K. et al. A Rare Case of Ruptured/Unruptured Miniature Aneurysms Originating from the Infundibular Dilatation of the Callosomarginal Artery, Branching from the Infracallosal(A2) Segment of the Azygos Anterior Cerebral Artery. *No Shinkei Geka*. 2017;45(10):897–904. <https://doi.org/10.11477/mf.1436203615>.
26. Ebina K., Ohkuma H., Iwabuchi T. An angiographic study of incidence and morphology of infundibular dilation of the posterior communicating artery. *Neuroradiology*. 1986;28(1):23–29. <https://doi.org/10.1007/BF00341761>.
27. Itakura T., Ozaki F., Nakai E. et al. Bilateral aneurysm formation developing from junctional dilatation (infundibulum) of the posterior communicating artery. Case report. *J. Neurosurg.* 1983;58:117–119. <https://doi.org/10.3171/jns.1983.58.1.0117>.
28. Karekezi C., Boutarouch M., Djoubairou B. O. et al. Are infundibular dilatations at risk of further transformation? Ten-year progression of a prior documented infundibulum into a saccular aneurysm and rupture: Case report and a review of the literature. *Neurochirurgie*. 2014;60(6):307–311. <https://doi.org/10.1016/j.neuchi.2014.04.001>.
29. Trasi S., Vincent L. M., Zingesser L. H. Development of aneurysm from infundibulum of posterior communicating artery with documentation of prior hemorrhage. *Am. J. Neuroradiol.* 1981;2(4):368–370.
30. Griffin A. S., Oppong M. D., Hauck E. F. Infundibular Dilations and Subarachnoid Hemorrhage: to Treat or Not to Treat? *World Neurosurg.* 2019;123:188–192. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2018.12.007>.
31. Kuwahara S., Uga S., Mori K. Successful treatment of a ruptured enlarged infundibular widening of the posterior communicating artery-case report. *Neurol Med Chir (Tokyo)*. 2001;41(1):25–28. <https://doi.org/10.2176/nmc.41.25>.
32. Marshman L. A., Ward P. J., Walter P. H. et al. The progression of an infundibulum to aneurysm formation and rupture: case report and literature review. *Neurosurgery*. 1998;43(6):1445–1448. <https://doi.org/10.1097/00006123-199812000-00107>.
33. Yu J., Wang H., Xu K. et al. Endovascular embolization of ruptured infundibular dilation of posterior communicating artery: a case report. *Case Rep. Med.* 2010;210–397. <https://doi.org/10.1155/2010/210397>.
34. Фомкина О. А. Николенько В. Н., Гладилин Ю. А. Анатомия задней соединительной артерии (обзор). Саратовский научно-медицинский журнал. 2018;14(1):25–29 [Fomkina O. A. Nikolenko V. N., Gladilin Yu. A. Anatomy of the posterior communicating artery (review). *Saratovskii nauchno-meditsinskii zhurnal*. 2018;14(1):25–29 (In Russ.).].
35. Ross M. R., Pelc N. J., Enzmann D. R. Qualitative phase contrast MRA in the Normal and Abnormal Circle of Willis. *J. Neuroradiology*. 1993;14(1):19–25.
36. Fukami S., Akimoto J., Fukuhara H. et al. Microvascular Decompression for Oculomotor Nerve Palsy Due to Compression

- by Infundibular Dilatation of Posterior Communicating Artery. *World Neurosurg.* 2018;119:142–145. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2018.07.242>.
37. Dowlati E., Rotter J., Zhou T. Posterior communicating artery infundibulum with oculomotor nerve palsy treated with microvascular decompression: a case report and 2-dimensional technical operative video. *Br. J. Neurosurg.* 2020;28;1–4. <https://doi.org/10.1080/02688697.2020.1812522>.
38. Kitamura T. An Unruptured aneurysm coexisting with an infundibular dilatation: a case report. *J. Nippon. Med. Sch.* 2016;83(6):268–271. <https://doi.org/10.1272/jnms.83.268>
39. Narducci A., Ronchetti G., Nannucci F. et al. Infundibulum of Accessory Anterior Cerebral Artery: Rare, Likely Benign Malformation of Anterior Communicating Artery Complex to Keep in Mind. *World Neurosurg.* 2019;132:399–402. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2019.08.238>
40. Park J., Kang D.-H. Infundibular widening mimicking anterior communicating artery aneurysm: report of 2 cases. *J. Neurosurg.* 2013;119(1):243–246. <https://doi.org/10.3171/2013.3.JNS.122058>