

<https://doi.org/10.34883/PI.2024.14.1.036>



Диаб Х.М.^{1,2}, Дайхес Н.А.^{1,2}, Пашинина О.А.¹, Демидов И.Н.¹, Умаров П.У.¹,
Панина О.С.¹, Зухба А.Г.¹, Никитенко О.А.³ ✉

¹ Национальный медицинский исследовательский центр оториноларингологии
Федерального медико-биологического агентства, Москва, Россия

² Российский национальный исследовательский медицинский университет
имени Н.И. Пирогова, Москва, Россия

³ Хабаровский филиал Национального медицинского исследовательского центра
оториноларингологии Федерального медико-биологического агентства, Хабаровск,
Россия

Методы венозной окклюзии и защиты внутренней сонной артерии при хирургическом лечении параганглиом типа С: обзор литературы

Конфликт интересов: не заявлен.

Вклад авторов: сбор материала, обработка, написание текста – Панина О.С., Зухба А.Г., Никитенко О.А.; редактирование – Пашинина О.А., Демидов И.Н., Умаров П.У.; одобрение окончательного варианта статьи для опубликования – Диаб Х.М., Дайхес Н.А.

Подана: 07.06.2023

Принята: 26.02.2024

Контакты: onikitenko03@gmail.com

Резюме

Современный подход к хирургии основания черепа дал возможность резекции сложных, распространенных опухолей. Но особую проблему все же продолжают составлять яремные или вагальные параганглиомы (хемодектомы, гломусные опухоли) ввиду их высокой васкуляризации и анатомической близости к крупным сосудам головы и шеи: яремная вена, сигмовидный и нижний каменистый синус, эмиссарная вена сосцевидного и мыщелковых отростков, каменистый сегмент внутренней сонной артерии. Повреждение их стенок во время операции ведет к массивным кровопотерям, что как затрудняет ход операции, так и требует восполнения компонентов крови и более длительного наблюдения за пациентами в послеоперационном периоде. Поэтому критически важно планирование операции с предупреждением всех факторов интраоперационной кровопотери. Для решения этого вопроса проведен анализ медицинской литературы по использованию методов венозной эмболизации и защиты стенок ВСА, применяемых при хирургическом лечении параганглиом основания черепа, а также возможностям эндоваскулярной хирургии на сегодняшний день.

Цель работы – повышение эффективности хирургического лечения параганглиом основания черепа (тип C2–C4 по классификации U. Fisch и D. Mattox) путем выбора оптимальных способов венозной окклюзии и анализа рациональности стент-ассистенции внутренней сонной артерии как методов предоперационной подготовки.

Ключевые слова: яремная параганглиома, баллонная перманентная окклюзия внутренней сонной артерии, стентирование внутренней сонной артерии, эндоваскулярная окклюзия сигмовидного синуса, NOTCH

Hassan Mohamad Ali Diab^{1,2}, Nikolai A. Daikhes^{1,2}, Olga A. Pashinina¹, Ivan N. Demidov¹,
Parviz U. Umarov¹, Olga S. Panina¹, Amina G. Zuhba¹, Olga A. Nikitenko³ ✉

¹ National Medical Research Center for Otorhinolaryngology of the Federal Medico-Biological Agency of Russia, Moscow, Russia

² Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russia

³ Khabarovsk Branch of the National Medical Research Center for Otorhinolaryngology of the Federal Medico-Biological Agency of Russia, Khabarovsk, Russia

Methods of Venous Occlusion and Protection of the Internal Carotid Artery in Type C Paraganglioma Surgery: A Literature Review

Conflict of interest: nothing to declare.

Authors' contribution: collection of material, analysis and interpretation of results, writing the text – Olga S. Panina, Amina G. Zuhba, Olga A. Nikitenko; editing – Olga A. Pashinina, Ivan N. Demidov, Parviz U. Umarov; final approval of the article for publication – Hassan Mohamad Ali Diab, Nikolai A. Daikhes.

Submitted: 07.06.2023

Accepted: 26.02.2024

Contacts: onikitenko03@gmail.com

Abstract

Advances in skull base surgery make it possible to remove tumors with a difficult location. But jugular or vagal paragangliomas are a particular problem because it has a high vascularization and anatomical proximity to the large vessels of the head and neck: jugular vein, sigmoid and inferior petrosal sinus, emissary vein of the mastoid and condylar processes, petrosal segment of the internal carotid artery. Damage to the walls of blood vessels during surgery leads to massive blood loss and as a consequence in this case requires replenishment of blood components and leads to longer patient follow-up in a hospital. That is why it is critically important to plan the operation with the elimination of all factors of intraoperative blood loss. To solve this problem, we studied the methods of venous embolization and protection of the walls of the ICA in the available medical literature. Those Articles presented the surgery of paragangliomas of a base of the skull and the modern possibilities of endovascular surgery of the cerebral vessels.

The purpose of the work is increasing the efficiency of surgical treatment of paragangliomas of the skull base (type C2–C4 according to the classification of U. Fisch and D. Mattox) by choosing the best methods of venous occlusion and analyzing the rationality of stent-assistance of the internal carotid artery as methods of preparing for surgery.

Keywords: jugular paraganglioma, permanent balloon occlusion of the internal carotid artery, stenting of the internal carotid artery, endovascular occlusion of the sigmoid sinus, NOTCH

■ ВВЕДЕНИЕ

Параганглиомы (ПГЛ) представляют собой группу нейроэндокринных опухолей, возникающих в парасимпатических или симпатических ганглиях. ПГЛ головы и шеи

составляют от 65% до 70% всех ПГЛ и 0,6% всех случаев рака головы и шеи [1]. Обычно представляют собой одиночную одностороннюю опухоль, имеют доброкачественный характер, и небольшой процент может стать злокачественным и метастазировать. Следовательно, раннее выявление, ведущее к полной хирургической резекции, как правило, приводит к излечению и имеет благоприятный прогноз. От 30 до 40% являются семейными, и некоторые из них могут быть связаны с генетическими синдромами, такими как сукцинатдегидрогеназа (СДГ) В-мутации, диада Карнея – Стракакиса, нейрофиброматоз 1-го типа (NF1), синдром фон Хиппеля Линдау (VHL) и множественные эндокринные неоплазии типов 2А и 2В (МЭН2). Хирургическая биопсия поражения является «золотым стандартом» для подтверждения диагноза [2].

■ ПОДХОД К ЛЕЧЕНИЮ

В настоящее время основным методом лечения параганглиом является хирургический [6]. Существует и стороннее мнение по ведению данной патологии: применение способов дистанционной лучевой терапии (ДЛТ) и стереотаксической радиохирургии (СРХ). В особенности это касается случаев с выраженным деструктивным процессом височной кости, отображающих по данным лучевой диагностики вовлечение в процесс каменистого сегмента внутренней сонной артерии (ВСА), лицевого и нижней группы черепных нервов, а также у пациентов с наличием коморбидной патологии. В таких случаях для планирования объемного хирургического вмешательства требуется тщательная подготовка пациента и мультидисциплинарный подход к каждому конкретному клиническому случаю, что делает работу трудоемкой и зачастую технически не выполнимой в условиях большинства медицинских учреждений стационарного профиля. В связи с этим методы дистанционной лучевой терапии (ДЛТ) и стереотаксическая радиохирургия стали рекомендоваться врачами не исходя из противопоказаний к хирургической резекции опухоли, а из опасения рисков интраоперационной кровопотери, послеоперационной дисфункции черепных нервов и острой ишемии краниальных сосудов в результате недостаточного компенсаторного механизма виллизиева круга.

По результатам проводимых исследований эффективности применения ДЛТ и СРХ в качестве альтернативной терапии яремных и вагальных параганглиом, согласно авторам статей, оценивались как «достижение контроля над опухолью». То есть эффективность терапии определяется не исчезновением опухоли, а ее контролем – стабилизацией и отсутствием рецидивов симптомов, отсутствием роста опухоли и рентгенологических признаков прогрессирования [3, 4]. Так, в наиболее объемном из представленных метаанализе методов лечения яремных параганглиом с помощью хирургии, стереотаксической терапии и лучевой терапии, основывающемся на изучении медицинских статей и включающем наблюдение за 1310 пациентами, подвергшимися различным видам хирургических вмешательств, 461 пациентом, получившим дистанционную лучевую терапию, и 254 пациентами с проведением стереотаксической радиохирургии, дается заключение о том, что ДЛТ и СРХ дают одинаковые шансы на «контроль над опухолью» с более низким риском дисфункции черепных нервов по сравнению с хирургическим вмешательством у пациентов с яремной параганглиомой [5]. Но стоит заметить, что данное исследование не отображает ни наличия или отсутствия предоперационной подготовки, ни объема оперативного вмешательства, ни длительности наблюдения

за пациентами. Доказано, что хирургическая резекция после применения методов лучевой терапии часто бывает затруднительна из-за развития лучевого фиброза опухоли [23].

Большой интерес представляет генетическое и патологистологическое исследование параганглиом, проведенное Кама А., Верджинелли Ф., Лотти Л.В. и соавторами. Исследование было одобрено Биоэтическим комитетом Университета Г. д'Аннунцио. Образцы крови и опухолей были получены от пациентов, прооперированных в клинике Gruppo Otologico (Пьяченца, Италия). Авторы статьи доказывают, что активация передачи сигналов NOTCH является основным признаком параганглиом головы и шеи, независимо от наличия или отсутствия конституциональных дефектов гена сукцинатдегидрогеназы (СДГ, SDH) [26]. Белки семейства NOTCH – интегральные белки-рецепторы у человека, представленные четырьмя типами (Notch 1–4). Данные белки осуществляют контроль пролиферации, дифференцировки и развития клеток и тканей, а также активируют транскрипцию генов, участвующих в регуляции баланса между этими процессами [27]. Активация данного пути является сверхточным процессом. Белки семейства NOTCH и иницируемый ими сигнальный путь являются уникальными среди всех белков человеческого организма. В зависимости от клеточного контекста белки NOTCH регулируют разнообразные интрацеллюлярные процессы, а в ряде случаев становятся причиной серьезных мутаций [28]. В целом считается, что сигнальный путь NOTCH оказывает проонкогенное действие, вызывая такие патологии, как Т-клеточный острый лимфобластный лейкоз (Т-ОЛЛ), хроническая лимфоцитарная лейкемия (ХЛЛ), аденокарцинома легкого, рак молочной и поджелудочной железы, меланома. Notch-белки также способствуют выживанию опухолевых клеток и их устойчивости к химиотерапии [29]. По мнению Кама А., Верджинелли Ф., Лотти Л.В., передача сигналов NOTCH1 оказывается усиленной во всех трех основных типах клеток параганглиом: поддерживающих (глиальных), главных (нейроэндокринных) и эндотелиальных, возможно, с ведущей ролью поддерживающих клеток, которые сверхэкспрессируют лиганд и рецептор. Передача сигналов NOTCH1, вероятно, является ключевым звеном в онкогенезе параганглиом и может обуславливать резистентность к лучевой терапии и антиангиогенным агентам [26]. Следовательно, применение ДЛТ и СРХ при данной патологии можно считать вовсе иррациональным, видимо, поэтому за долгие годы не предоставлено достоверных литературных данных об их эффективности при лечении параганглиом. Перспективными методами нехирургического воздействия на опухоль такого рода, возможно, в скором времени станут механизмы, влияющие на каскад NOTCH, но на сегодняшний день возможности молекулярной генетики не достигли этого уровня, соответственно, хирургическое лечение параганглиом остается единственным достоверно подтвержденным способом лечения болезни.

■ МЕТОДЫ ВЕНОЗНОЙ ОККЛЮЗИИ

Параганглиомы – это высоко васкуляризированные опухоли. Что касается ПГЛ яремного отверстия, то топическая анатомия патологического процесса предполагает кровоснабжение опухоли задней группой ветвей (затылочная артерия и задняя ушная артерия) и восходящей глоточной артерией бассейна наружной сонной артерии. И в целом эмболизация питающих сосудов за 24–48 часов до операции на сегодняшний день не является трудной задачей для врачей рентген-эндоваскулярной

хирургии и давно укрепила свои позиции в общемировой практике хирургического лечения параганглиом черепа. Но питание опухолевых масс в данной ситуации не единственное сосудистое звено интраоперационной кровопотери. ПГЛ вызывают агрессивную местнораспространенную деструкцию прилежащей кости, нередко с инвазией в стенки крупных венозных коллекторов и вен черепа, а также адвентицию каменистого сегмента внутренней сонной артерии (ВСА). Соответственно, при хирургии параганглиом еще одной задачей является резекция опухолевых масс с применением методов венозной окклюзии и способов защиты оболочек ВСА от ятрогенного повреждения.

Исторически удаление яремных параганглиом сочеталось с перевязкой внутренней яремной вены ниже основания черепа путем продления заушного доступа на верхние отделы шеи, что не давало возможности вскрывать луковицу яремной вены (ЛЯВ) и резецировать опухолевую ткань вместе со стенкой сосуда, так как кровотока из бесклапанного сосуда массивные, а лигирование в полости височной кости невозможно, если сосуд не выделен из костной стенки на большом протяжении. В этом месте IX, X и XI черепные нервы являются наиболее уязвимыми, поскольку они проходят через яремное отверстие вентральнее стенки венозной луковицы, их проще сохранить путем внутрибугорной диссекции, сохраняя сегмент венозной стенки над нервами [7, 20]. Поэтому тампонада сигмовидного синуса дистальнее опухоли дает больше возможности для резекции с меньшими рисками послеоперационной дисфункции нижней группы черепных нервов.

При трансигмовидном прямом способе венозной окклюзии есть сообщения о следующих методиках:

1. Обтурация просвета сигмовидного синуса свободным мышечным лоскутом длиной 2–3 см и толщиной 1–1,5 см, выкроенным из грудино-ключично-сосцевидной мышцы, который вводится в просвет синуса на 1,5–2 см выше верхнего края разреза. Нижний конец тампона, достигающий нижнего края разреза, фиксируется кетгутовым швом к краям синуса [8].
2. Использование фибринового клея Tisseel®, который вводят в перевязанный сигмовидный синус и внутреннюю яремную вену. Это формирует внутренний слепок вокруг опухоли в сигмовидно-яремном комплексе и помогает закрыть нижний каменистый синус и мышечковую (кондиллярную) вену [9].
3. Введение в просвет синуса резорбирующих эмболизирующих материалов: денатурированный коллаген (гемостатическая желатиновая губка, Gelfoam); оксигеллюлоза (Oxycel, Surgicel, Becton Dickinson, Franklin Lakes) [24].

После того как в 1980 году Debrun и его коллеги внедрили трансвенозный доступ для эмболизации [25], такой подход стал еще одной опцией в лечении сосудистых патологий головного мозга и основания черепа.

С развитием эндоваскулярных материалов венозной эмболизации и внедрением их в практику стали использоваться:

- неадгезивные клеевые композиты (полимер этилвинилового спирта): Онух, Squid; или полимеры соединений полилактид-гликогена и полигидроксиэтилметакрилата: Phil;
- нерезорбирующиеся непартикулярные (не относящиеся к частицам): спирали, отделяемые баллонные катетеры, окклюдеры.

Опыт использования этих материалов в медицинской литературе показывает, что полимер этилвинилового спирта в отношении лечения яремных параганглиом применялся в качестве предоперационной эмболизации значимых артерий [11–13]. Данных по использованию неадгезивных клеевых композитов и нерезорбирующихся веществ для трансвенозной окклюзии сигмовидного синуса, нижнего каменистого синуса при данной патологии не найдено. Но венозный доступ хорошо зарекомендовал себя для лечения артериовенозных шунтов, аневризм и сосудистых мальформаций головного мозга и позиционируется как метод выбора по отношению к классическому хирургическому доступу через структуры головного мозга. Есть достаточно исследований в нейрохирургической области по применению неклеевой композитной среды Онух [14–17], заполнения просвета патологических сосудов спиральями [18] либо сочетания трансвенозной спирализации и в дополнении окклюзии Онух [19].

Существует опыт, примененный к двум пациентам с яремными параганглиомами, которым проводилась эмболизация жидким неадгезирующим агентом Squid 18 и Squid 12 путем прямой пункции поражения под рентгенологическим контролем в качестве единственного лечения. Полученные результаты оценивались как отсутствие отрицательной динамики неврологического дефицита [10], что не является достоверным признаком полной эмболизации опухолевой ткани и не может гарантировать долгосрочный результат без хирургической резекции.

■ СТЕНТИРОВАНИЕ И БАЛЛОННАЯ ОККЛЮЗИЯ ВСА

При распространении параганглиомы от яремного отверстия к верхушке пирамиды височной кости, что соответствует типу C2–C4 по классификации U. Fisch и D. Mattox (1988), предполагается вовлечение в той или иной степени в патологический процесс каменистой части внутренней сонной артерии: вертикального и горизонтального сегментов, а при более переднемедиальном направлении сегмента рваного отверстия. Классификация по Fisch является топографической и не отображает наличие или отсутствие вовлечения стенки артерии, тогда как повреждение центрального сосуда приводит к массивному кровотечению, а при отсутствии экстренно принятых мер к летальному исходу пациента. В связи с этим существует необходимость защиты стенок ВСА при агрессивной резекции в области ее костного канала. Наибольшее количество материалов по данному вопросу предоставляют M. Sanna и соавторы, которые утверждают, что при необходимости субпериостальной диссекции в сонном канале или субадвентициальной диссекции в вертикальной части рационально защищать стенки ВСА путем стентирования шейного и каменистого сегментов; эта методика введена в их практику с 2003 года как метод, позволяющий избежать предоперационного закрытия ВСА, а также защитить артерию во время операции. Стентирование ВСА укрепляет артерию и позволяет проводить более агрессивную диссекцию сонной артерии и при необходимости мобилизовать ее [21].

Также существует метод баллонной окклюзии, при наличии адекватного коллатерального кровотока и инфильтрации ВСА опухолью. Но имеются противопоказания к проведению данного метода в случае недостаточного коллатерального кровотока [22]. Фактически это может спровоцировать развитие синдрома острой церебральной гипоперфузии в раннем послеоперационном периоде.

В книге М. Sanna «Microsurgery of Skull Base Paragangliomas» описаны показания к предоперационной защите стенок ВСА:

- инвазия опухолевой тканью дистального шейного и каменистого вертикального сегментов ВСА на 270–360° по данным КТ и МРТ;
- признаки стеноза и неравномерности просвета артерии дистального шейного и каменистого сегментов ВСА по данным ангиографии;
- класс С3–С4 по классификации U. Fisch и D. Mattox;
- обширное кровоснабжение из ветвей ВСА по данным ангиографии;
- предыдущая операция с манипуляцией на ВСА и/или предшествующая лучевая терапия.

В этих ситуациях варианты включают предоперационную постоянную баллонную окклюзию (ПБО) или наружно-внутреннее шунтирование сонной артерии с последующим армированием внутриартериальными стентами [30].

Оценка компенсаторного механизма виллизиева круга с целью определения возможности проведения перманентной баллонной окклюзии ВСА проводится по результатам ангиографии исходя из положительных результатов следующих тестов:

1. Проба Матаса: инъекция рентгеноконтрастного вещества в контралатеральную ВСА и ручное сжатие общей сонной артерии на пораженной стороне. Положительный результат: быстрое и полное заполнение передней и средней мозговых артерий и их ветвей свидетельствует об открытой передней соединительной артерии.
2. Проба Алькока: инъекция рентгеноконтрастного вещества в контралатеральную позвоночную артерию, в то время как ипсилатеральная общая сонная артерия сдавлена. Положительный результат: стремительное и полное заполнение средней мозговой артерии на пораженной стороне указывает на открытую заднюю соединительную артерию.
3. Нисходящее заполнение ВСА является еще одним ангиографическим показателем функционирующих коммуникативных артерий. А одновременная визуализация венозных и артериальных фаз или задержка появления не более одной секунды считается надежным индикатором эффективности коллатерального кровообращения.

Методика перманентной баллонной окклюзии ВСА

Процедура ПБО проводится под местной анестезией с легкой седацией и системной гепаринизацией. Используется двусторонний бедренный доступ, при котором проводниковый катетер вводится в одну бедренную артерию и располагается в ВСА для закрытия, пункцию контралатеральной бедренной артерии используют для ангиографической оценки. Первый баллон обычно помещают в кавернозный сегмент ВСА проксимальнее места отхождения а. oftalmica, два дополнительных баллона размещаются в каротидном отверстии и на шее, дистальнее бифуркации общей сонной артерии. После надувания баллона окклюзия ВСА подтверждается ангиографически введением контраста в проводниковый катетер с ипсилатеральной стороны с последующей оценкой адекватного компенсаторного эффекта. Далее следует контроль за психическим и физическим состоянием пациента в течение 20 минут. При изменении статуса пациента баллон должен быть сдут моментально. При задержке венозной и артериальных фаз более 1 сек. по результатам ангиографии тест повторяется через

несколько секунд, если ситуация не выправляется, баллон сдувается. После ПБО пациент наблюдается в палате интенсивной терапии в течение 24 часов. Операция планируется в течение 3–4 недель после ПБО.

Стентирование ВСА

Армирование стентами проводится под общей анестезией как отдельная процедура после диагностической ангиографии. Используются, как правило, металлические стенты ввиду их меньшей склонности к тромбированию, в отличие от стент-графтов, но в то же время они не имеют способности перекрывать коллатеральный кровоток опухолевой ткани в сравнении с покрывными стентами. Рекомендуется стентирование каменистого сегмента ВСА на протяжении признаков инвазии опухоли по данным магнитно-резонансной томографии и лучевой диагностики и на 1 см дистальнее и проксимальнее значимого участка, поэтому для полного перекрытия могут использоваться несколько стентов. Операция планируется не ранее чем через 4–6 недель с целью формирования стабильного плотного фибринозного слоя на люминальной поверхности стента. При возможности для получения полноценного неоинтимального покрытия стента необходимо отложить операцию на 12 недель.

Методика предусматривает проведение антитромботической терапии в предоперационном периоде и далее пожизненно. По рекомендациям M. Sanna, она должна включать:

- 1) прием ацетилсалициловой кислоты в дозировке 100 мг в сутки и клопидогрела 75 мг в сутки за 5 дней до стентирования;
- 2) за 5 дней до резекции параганглиомы пациент переводится на инъекции низкомолекулярного гепарина 0,4 мл в сутки;
- 3) через 2 суток после операции добавляется прием ацетилсалициловой кислоты 100 мг в сутки;
- 4) через 3 суток отменяется низкомолекулярный гепарин, пациент остается на терапии ацетилсалициловой кислотой 100 мг в сутки пожизненно [30].

Но стоит заметить, что данный опыт не содержит ни контроля за состоянием гемостаза пациента, ни оценки риска тромбозмболии, тромбоза и послеоперационного кровотечения, ни особенностей антиагрегантной терапии у пациентов с уже имеющейся сердечно-сосудистой патологией. Также рекомендации противоречат стандартам двойной антиагрегантной терапии после проведения стентирования ВСА по поводу атеросклероза сосуда, когда рекомендуется прием аспирина в сочетании с клопидогрелом 75 мг в сутки на сроки от 6–12 месяцев после операции, что является поводом для дальнейшего исследования в этом направлении.

■ ВЫВОДЫ

1. Параганглиомы – особая группа опухолей основания черепа. Несмотря на существование довольно определенных критериев установки диагноза, дифференциальной диагностики с другими патологическими процессами и распространенности опухоли по данным лучевых методов исследования и магнитно-резонансной томографии, планирование хирургического лечения на сегодняшний день остается нестандартизованным.

2. Основным фактором, влияющим на возможность радикальной резекции параганглиом основания черепа и, как следствие, получение безрецидивных результатов хирургического лечения, является снижение рисков интраоперационного кровотечения.
3. Методы эндоваскулярной венозной окклюзии (в частности, сигмовидного, нижнего каменистого синуса), имеющие клинический опыт применения при сосудистых патологиях и васкуляризированных образованиях полости и основания черепа с использованием спиралей в сравнении с прямой тампонадой мозговых синусов, представляют большой интерес на сегодняшний день благодаря своей низкой травматичности, эмболизирующей эффективности и редкой частоте осложнений. Хорошие отдаленные результаты позволяют рекомендовать предложенные методы для внедрения в алгоритм предоперационной подготовки пациентов с параганглиомами типа C по классификации U. Fisch и D. Mattox с последующей оценкой их клинической эффективности, отдаленных последствий и разработкой стандартов применения, исходя из распространенности опухоли, оценки состояния центральной гемодинамики и соматического статуса пациента.
4. Защита стенок каменистой части внутренней сонной артерии при необходимости субпериостальной и субадвентициальной диссекции сосуда является рациональным и надежным методом.
5. Армирование стентами в сравнении с баллон-окклюзией ВСА можно считать методикой выбора за счет значительно меньших рисков возникновения осложнений, связанных с нарушением гемодинамики головного мозга.
6. Вопрос об объеме и способах антиагрегантной терапии должен быть изучен более подробно вследствие существования рисков как тромбирования стента, так и рисков кровотечения от приема препаратов. Следовательно, должен быть разработан алгоритм антиагрегантной терапии при различных клинических ситуациях.

■ ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Lyndsey Sandow, Rajat Thawani, Myung Sun Kim, Michael C Heinrich. Paraganglioma of the Head and Neck. *Endocrine practice: official journal of the American College of Endocrinology and the American Association of Clinical Endocrinologists*. 2023;29(2):141–147. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.eprac.2022.10.002>
2. Asad Ikram, Anis Rehman. *Paraganglioma*. 2022.
3. Tran Ba Huy P. Radiotherapy for glomus jugulare paraganglioma. *European annals of otorhinolaryngology, head and neck diseases*. 2014;131(4):223–6. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.anorl.2014.01.003>.
4. Aaron J. Krych, Robert L. Foote, Paul D. Brown, Yolanda I. Garces, Michael J. Link. Long-term results of irradiation for paraganglioma. *International journal of radiation oncology, biology, physics*. 2006;65(4):1063–6. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.ijrobp.2006.02.020>.
5. Suárez C., Rodrigo J.P., Bödeker C.C., Llorente J.L., Silver C.E., Jansen J.C., Takes R.P., Strojan P., Pellitteri P.K., Rinaldo A., Mendenhall W.M., Ferlito A. Jugular and vagal paragangliomas: Systematic study of management with surgery and radiotherapy. *Head & Neck*. 2013;35(8):1195–204. Available at: <https://doi.org/10.1002/hed.22976>.
6. Gulyaev D., Chebotarev S., Yakovenko I. Surgical treatment of the temporal bone pyramid. *Creative Surgery and Oncology*. 2011. (in Russian)
7. Paulo A.S. Kadri, Walid Ibn Essayed, Ossama Al-Mefty. Preservation of Cranial Nerves Function in Glomus Jugulare Surgery. *Operative Neurosurgery*. 2022;22(1):e43. Available at: <https://doi.org/10.1227/ons.00000000000000021>
8. Antoniv T., Antoniv V., Ushakova S. Stopping bleeding from the sigmoid sinus and upper sections of the internal jugular vein. *Bulletin of Otorhinolaryngology*. 2012;77(5):86–87. (in Russian)
9. Richard James List, Sebastien Philippe Henry Thomas, Emad Shenouda, Dorothy Lang, Anne Davis, Nijaguna Mathad. Fibrin Sealant Injection: An Aid to Reduce Venous Bleeding during Jugular Bulb and Sigmoid Sinus Dissection in Glomus Jugulare (Jugulotympanic Paraganglioma) Surgery. *Skull Base*. 2011;21(5):309–12. Available at: <https://doi.org/10.1055/s-0031-1284212>
10. Oriela Rustemi, Fabio Raneri, Lorenzo Volpin, Giuseppe Iannucci. Complete embolization of jugular paragangliomas by direct puncture. Technical note. *British journal of neurosurgery*. 2019;33(3):328–331. Available at: <https://doi.org/10.1080/02688697.2018.1527287>
11. Bledi C. Brahima, André Beer-Furlan, Krishna C. Joshi, Richard M. Wiet, Demetrius K. Lopes. Combined Transarterial and Transvenous Onyx Embolization of Jugular Foramen Paragangliomas. *World neurosurgery*. 2020;136:178–183. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2020.01.073>

12. Travis R. Ladner, Lucy He, Brandon J. Davis, George L. Yang, George B. Wana, Mocco J. Initial experience with dual-lumen balloon catheter injection for preoperative Onyx embolization of skull base paragangliomas. *Journal of neurosurgery*. 2016;124(6):1813–9. Available at: <https://doi.org/10.3171/2015.5.jns15124>
13. Joshua S. Catapano, Rami O. Almeyty, Dale Ding, Alexander C. Whiting, Andrew R. Pines, Kent R. Richter, Andrew F. Ducruet, Felipe C. Albuquerque. Onyx embolization of skull base paragangliomas: a single-center experience. *Acta neurochirurgica*. 2020;162(4):821–829. Available at: <https://doi.org/10.1007/s00701-019-04127-5>
14. André Beer-Furlan, Krishna C. Joshi, Bledi Brahima, Demetrius K. Lopes. Transvenous Onyx Embolization of Carotid-Cavernous Fistulas: Mid- and Long-Term Outcomes. *Journal of neurological surgery, Part B. Skull base*. 2021;82(Suppl 3):e278–e284. Available at: <https://doi.org/10.1055/s-0040-1710514>
15. Marco Colasurdo, Visish M. Srinivasan, Hashem Shaltoni, Peter Kan. Transvenous Onyx embolization of a recurrent dural arteriovenous fistula through the deep venous system. *Journal of neurointerventional surgery*. 2022. Available at: <https://doi.org/10.1136/neurintsurg-2022-018701>
16. Sol Hooy Oh, Jai Ho Choi, Bum-Soo Kim, Kwan Sung Lee, Yong Sam Shin. Treatment Outcomes According to Various Treatment Modalities for Intracranial Dural Arteriovenous Fistulas in the Onyx Era: A 10-Year Single-Center Experience. *World neurosurgery*. 2019;126:e825–e834. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2019.02.173>
17. Orlov K., Gorbatykh A., Berestov V., Shayakhmetov T., Kisiltsin D., Seleznev P., Strelnikov N. Superselective transvenous embolization with Onyx and n-BCA for vein of Galen aneurysmal malformations with restricted transarterial access: safety, efficacy, and technical aspects. *Child's Nervous System*. 2017;33. Available at: <https://doi.org/10.1007/s00381-017-3499-6>
18. Sufyanov A., Karasev R., Khafizov R., Rustamov R., Sufianov R., Khafizov T. Successful endovascular treatment of recanalized post-traumatic carotid-cavernous fistula. *Bulletin of Rengenology and Radiology*. 2020;5:313–318. Available at: <https://doi.org/10.20862/0042-4676-2020-101-5-313-318> (in Russian)
19. Berdikhodzaev M. Carotid-cavernous fistulae. Endovascular treatment. *Neurosurgery and neurology of Kazakhstan*. 2011;4(25):29–34. (in Russian)
20. Ossama Al-Mefty, Aramis Teixeira. Complex tumors of the glomus jugulare: criteria, treatment, and outcome. *Journal of neurosurgery*. 2002;97(6):1356–66. Available at: <https://doi.org/10.3171/jns.2002.97.6.1356>
21. Prasad S.C., Paties C.T., Schiavi F., Esposito D.L., Lotti L.V., Mariani-Costantini R., Sanna M., Renato Mariani-Costantini. Tympanojugular Paragangliomas: Surgical Management and Clinicopathological Features. *Paraganglioma: A Multidisciplinary Approach*. 2019. Available at: <https://doi.org/10.15586/paraganglioma.2019.ch6>
22. Andrews J.C., Valavanis A., Fisch U. Management of the internal carotid artery in surgery of the skull base. *The Laryngoscope*. 1989;99(12):1224–9. Available at: <https://doi.org/10.1288/00005537-198912000-00003>
23. Gewirtz R.J., Steinberg G.K., Crowley R., Levy R.P. Pathological changes in surgically resected angiographically occult vascular malformations after radiation. *Neurosurgery*. 1998;42(4):738–42; discussion 742–3. Available at: <https://doi.org/10.1097/00006123-199804000-00031>
24. Signorelli F., Montano N. Use and Efficacy of Hemostats in Neurosurgery. *Surgical technology international*. 2020;37:414–419.
25. Cheng K.M., Chan C.M., Cheung Y.L. Transvenous embolisation of dural carotid-cavernous fistulas by multiple venous routes: a series of 27 cases. *Acta neurochirurgica*. 2003;145(1):17–29. Available at: <https://doi.org/10.1007/s00701-002-1013-7>
26. Alessandro Cama, Fabio Verginelli, Mario Sanna, Renato Mariani-Costantini. Integrative genetic, epigenetic and pathological analysis of paraganglioma reveals complex dysregulation of NOTCH signaling. *Acta neuropathologica*. 2013. Available at: <https://doi.org/10.1007/s00401-013-1165-y>
27. Bogdanova M., Kostareva A., Malashicheva A. NOTCH pathway in differentiation of human mesenchymal stem cells. *Cell and Tissue Research*. 2020;379:169–179. Available at: <https://doi.org/10.1007/s00441-019-03130-7> (in Russian)
28. Kutuzova L., Memetova A., Siliverst O. Role of NOTCH family proteins in cell life. *International Student Science Bulletin*. 2018;6. Available at: <https://doi.org/10.17513/msnv.19271> (in Russian)
29. Novikova M., Rybko V., Khromova N., Farnakovskaya M., Kopnin P. The role of Notch pathway in carcinogenesis. *Advances in Molecular Oncology*. 2015;2(3):3–4, 6–12. doi: 10.17650/2313-805X.2015.2.3.30-42 (in Russian)
30. Sanna M. *Microsurgery of Skull Base Paragangliomas*. P. 555–563. Available at: <https://doi.org/10.1055/b-0034-65541>