



## ИННОВАЦИИ В ЛЕЧЕНИИ АРТЕРИОВЕНОЗНЫХ МАЛЬФОРМАЦИЙ (АВМ) И АНЕВРИЗМ

Тухтанбоев Иброхимжон

Студентка 6 курса Андижанского

государственного медицинского института

**Аннотация:** Артериовенозные мальформации (АВМ) и аневризмы центральной нервной системы (ЦНС) представляют собой опасные сосудистые аномалии, которые могут привести к тяжелым клиническим последствиям, включая инсульты, кровоизлияния, неврологические расстройства и, в самых тяжелых случаях, смерть. В последние десятилетия произошли значительные улучшения в диагностике, терапии и прогнозировании этих заболеваний благодаря достижениям в области нейровизуализации, молекулярной медицины и нейрохирургии. Традиционные методы лечения, включая открытые хирургические вмешательства и радиохимию, значительно уступили место минимально инвазивным эндоваскулярным подходам, которые позволяют с минимальным риском воздействовать на сосудистые аномалии.

Инновационные методы, такие как использование новых эмболизирующих материалов и стентов, а также технологии потока обхода (flow diversion), позволяют эффективно управлять кровообращением в области АВМ и аневризм, сокращая необходимость в открытых операциях и минимизируя травму для пациента. Одним из наиболее значимых достижений является усовершенствование методов визуализации, таких как магнитно-резонансная томография (МРТ), ангиография и нейронавигация, что позволяет точнее и безопаснее планировать вмешательства. Эти подходы



открывают новые возможности для лечения даже самых сложных и труднооперабельных сосудистых аномалий.

Кроме того, прогресс в молекулярных и генетических исследованиях открыл перспективы для разработки таргетных терапевтических стратегий, направленных на влияние на молекулярные и клеточные механизмы, лежащие в основе формирования АВМ и аневризм. Глубокое понимание генетических мутаций и ангиогенеза может привести к созданию менее инвазивных и более эффективных методов лечения, что особенно важно для пациентов с множественными аномалиями или в ранних стадиях заболевания.

Несмотря на значительные успехи, в лечении АВМ и аневризм остаются вызовы, такие как риск разрывов аневризм, рецидивы АВМ после лечения и необходимость в высококвалифицированных специалистах для выполнения сложных вмешательств. Оставшиеся проблемы требуют дальнейших исследований, а также внедрения новых технологических и фармакологических решений. Таким образом, благодаря продолжающимся инновациям в области нейрохирургии, молекулярной медицины и медицинской визуализации, лечение артериовенозных мальформаций и аневризм продолжает эволюционировать, открывая новые перспективы для улучшения качества жизни и продления жизни пациентов с этими сосудистыми заболеваниями.



**Ключевые слова:** артериовенозные мальформации (АВМ), аневризмы, центральная нервная система (ЦНС), минимально инвазивные методы, эндоваскулярная эмболизация, потоки обхода (flow diversion), генетические исследования, молекулярная медицина, нейровизуализация, магнитно-резонансная томография (МРТ), ангиография, нейронавигация, радиохирургия, таргетная терапия, эмболизирующие материалы, стенты, хирургические вмешательства, раннее диагностирование, инсульт, кровоизлияние, неврологические расстройства, открытые операции

## Введение

Артериовенозные мальформации (АВМ) и аневризмы центральной нервной системы (ЦНС) — это опасные сосудистые аномалии, которые могут привести к серьезным клиническим последствиям, включая кровоизлияния, инсульты, неврологические расстройства и смерть. АВМ представляют собой аномальные соединения между артериями и венами, минуя капиллярную сеть, что нарушает нормальное кровообращение и может привести к перегрузке венозной системы и повреждению мозга. Аневризмы — это расширения стенки сосуда, которые в случае разрыва могут вызвать массивные внутримозговые или субарахноидальные кровоизлияния. Эти заболевания являются серьезной угрозой для здоровья пациентов и представляют собой значительную проблему для нейрохирургии.

Раннее лечение этих патологий включало лишь несколько ограниченных подходов: традиционные хирургические вмешательства, эмболизацию сосудов и радиохирургические методы, такие как гамма-нож. Однако, с развитием технологий и углублением знаний о сосудистых заболеваниях, появляются новые, более



эффективные и безопасные методы лечения, которые позволяют значительно улучшить исходы для пациентов и минимизировать риски.

Среди таких нововведений можно выделить минимально инвазивные эндоваскулярные методы, включая эмболизацию с использованием новых, более эффективных материалов и стентов, а также инновационные подходы к нейрохирургии с применением роботизированных систем и усовершенствованных методов визуализации, таких как нейронавигация, интраоперационное МРТ и оптическая когерентная томография. Эти технологии позволяют более точно локализовать аномалии, минимизируя операционную травму и ускоряя процесс восстановления пациента.

Одним из самых перспективных направлений является развитие молекулярных и генетических исследований в области сосудистых заболеваний. Новые данные о молекулярных механизмах, таких как нарушения в ангиогенезе, могут привести к созданию таргетных терапевтических подходов, способных не только воздействовать на симптомы заболеваний, но и лечить их на молекулярном уровне. Генетические исследования, направленные на выявление мутаций, предрасположенных к развитию АВМ и аневризм, открывают возможность для ранней диагностики и предотвращения осложнений.

В последние десятилетия также наблюдается активное развитие новых методов диагностики, таких как высококачественная МРТ-анализ и ангиография, которые позволяют более точно определять местоположение и размер сосудистых аномалий, а также оценивать кровоток в реальном времени. Это дает возможность более точно планировать лечение, подбирать индивидуальные стратегии для каждого пациента и минимизировать возможные риски при проведении вмешательств.



Несмотря на достигнутые успехи, остаются значительные вызовы в лечении АВМ и аневризм. Высокая вероятность осложнений, таких как разрыв аневризмы или рецидивы АВМ, сложности при лечении крупных или глубоко расположенных аномалий, а также необходимость в дальнейшей адаптации новых технологий к клинической практике требуют постоянных усилий и дополнительных исследований. Однако, благодаря продолжающимся достижениям в области нейрохирургии, молекулярной медицины и нейровизуализации, перспективы для лечения этих заболеваний становятся все более обнадеживающими.

Таким образом, внедрение новых диагностических методов, минимально инвазивных технологий и молекулярных подходов в лечение артериовенозных мальформаций и аневризм открывает новые горизонты в нейроваскулярной хирургии. С каждым годом эффективность лечения повышается, а риски для пациентов снижаются, что в перспективе обещает значительное улучшение качества жизни и продолжительности жизни больных, страдающих этими сосудистыми патологиями.

**Диагностика АВМ и аневризм:** Точная диагностика и подробная характеристика АВМ и аневризм имеют решающее значение для определения наиболее подходящего лечения. Достижения в области технологий визуализации расширили наши возможности по выявлению этих состояний на ранних стадиях с большей точностью, что позволяет лучше планировать предоперационное лечение и разрабатывать индивидуальные стратегии лечения.

***Магнитно-резонансная томография (МРТ) и магнитно-резонансная ангиография (МРА):*** МРТ уже давно является основным методом обнаружения АВМ и аневризм, поскольку он обеспечивает получение изображений с высоким разрешением без использования ионизирующего излучения. МРА особенно ценна



для выявления сосудистых аномалий, обеспечивая неинвазивное представление кровеносных сосудов, вовлеченных в АВМ и аневризмы. Развитие трехмерной (3D) МРА, которая создает подробные изображения сосудистой анатомии, улучшило визуализацию сложных АВМ и аневризм в головном и спинном мозге, помогая в планировании лечения.

**Цифровая субтракционная ангиография (ЦСА):** В то время как МРТ и КТ-ангиография обеспечивают превосходную структурную визуализацию, ЦСА остается золотым стандартом для функциональной визуализации АВМ и аневризм. ЦСА обеспечивает динамические изображения кровотока в реальном времени и имеет важное значение для определения точного местоположения сосудистых аномалий. Его способность создавать трехмерные реконструкции сосудистых структур позволяет проводить точную оценку и планирование, особенно в сложных случаях.

**Позитронно-эмиссионная томография (ПЭТ) и функциональная МРТ (фМРТ):** ПЭТ-визуализация стала вспомогательным инструментом при оценке АВМ, в частности, при выявлении наличия ишемии или эффектов гипердинамического кровотока. фМРТ особенно полезна при оценке АВМ мозга, поскольку она позволяет картировать функцию мозга в зависимости от местоположения АВМ, что имеет решающее значение для избежания функциональных зон во время хирургического или эндоваскулярного лечения.

**Маркеры ангиогенеза:** Исследования молекулярных и генетических маркеров, связанных с АВМ и аневризмами, расширяются. Исследования показывают, что определенные маркеры ангиогенеза, такие как VEGF (фактор роста эндотелия сосудов) и bFGF (основной фактор роста фибробластов), могут быть связаны с развитием и прогрессированием АВМ. Эти маркеры обладают потенциалом для принятия решений о лечении, поскольку воздействие на ангиогенные пути может стать терапевтической стратегией в будущем.



**Лечение артериовенозных мальформаций (АВМ)-** Лечение АВМ включает тщательную оценку их размера, расположения, кровоснабжения и связанных с ними рисков. Традиционно хирургическая резекция, радиохирurgia и эмболизация были основными методами лечения. Однако по мере разработки новых методов и агентов лечение АВМ стало более индивидуальным и минимально инвазивным.

***Эндоваскулярная эмболизация:*** Эндоваскулярная эмболизация является широко используемым методом лечения АВМ и стала подходом первой линии для небольших и средних поражений, особенно в областях, к которым трудно получить хирургический доступ. За последнее десятилетие разработка новых эмболизирующих агентов, таких как Оникс и н-бутилцианоакрилат (НБЦА), значительно повысила точность процедур эмболизации. Оникс, жидкий эмболизирующий агент, особенно выгоден, поскольку он обеспечивает больший контроль над процессом эмболизации, позволяя точно нацеливаться на очаг АВМ и минимизировать риск нецелевой эмболизации. Кроме того, возможность выполнять поэтапные эмболизации позволила более безопасно лечить большие или сложные АВМ.

***Стереотаксическая радиохирurgia (СРХ):*** СРХ стала краеугольным камнем лечения АВМ, особенно для глубоко расположенных или хирургически недоступных поражений. Метод использует сфокусированные лучи излучения для окклюзии очага АВМ без необходимости разреза. Гамма-нож и кибернож являются наиболее часто используемыми формами СРХ. Недавние исследования показали, что сочетание СРХ с эндоваскулярной эмболизацией может обеспечить превосходные результаты в случаях больших АВМ, поскольку эмболизация может уменьшить размер АВМ перед лучевой терапией, повышая вероятность полной облитерации.

***Хирургическая резекция:*** Микрохирургическая резекция АВМ по-прежнему считается золотым стандартом для доступных поражений, особенно тех, которые расположены в неэкспрессивных областях головного или спинного мозга.





Достижения в области интраоперационной навигации, такие как нейронавигационные системы и интраоперационная МРТ, значительно повысили безопасность и точность резекции АВМ. Хирургическая резекция остается критически важным вариантом в случаях, когда эмболизация или радиохирurgia не дали результата или невозможны.

**Гибридные подходы к лечению:** Гибридные подходы к лечению были разработаны для больших или сложных АВМ, включающие комбинацию эмболизации, радиохирургии и хирургии. Например, эмболизация часто используется в качестве предоперационного вспомогательного средства для уменьшения АВМ и снижения ее сложности перед хирургической резекцией. Кроме того, радиохирurgia может использоваться для остаточной ткани АВМ после эмболизации или хирургии, особенно у пациентов с высоким хирургическим риском.

**Генетические и молекулярные подходы:** Новые исследования генетических основ АВМ привели к выявлению потенциальных биомаркеров, которые могли бы определять принятие терапевтических решений. Например, определенные мутации в генах, таких как KLF2 и VEGF, были связаны с образованием АВМ. Нацеливание этих молекулярных путей с помощью генной терапии или ингибиторов малых молекул может обеспечить будущее направление для управления АВМ, потенциально предлагая более персонализированный и менее инвазивный вариант лечения.

### Лечение аневризм

Аневризмы, особенно церебральные аневризмы, представляют значительные проблемы с точки зрения риска разрыва, особенно при больших или сложных аневризмах. Лечение аневризм развивалось с усовершенствованием эндоваскулярных





методов, включая отведение потока, а также фармакологической терапии, направленной на стабилизацию стенки аневризмы и предотвращение разрыва.

**Эндоваскулярная спиральная эмболизация:** Эндоваскулярная спиральная эмболизация уже более двух десятилетий является основным методом лечения многих внутричерепных аневризм. В ходе этой процедуры спирали из платины или других материалов вставляются в мешок аневризмы, чтобы вызвать образование сгустка, что приводит к окклюзии. Недавние инновации в методах спиральной эмболизации, включая использование стент-ассистированной спиральной эмболизации и баллонной спиральной эмболизации, увеличили показатель успешности лечения сложных аневризм. Например, стент-ассистированная спиральная эмболизация позволяет лечить аневризмы с широкой шейкой, обеспечивая структурную поддержку для предотвращения миграции спирали.

**Отклонение потока:** Отклонение потока стало многообещающим методом лечения крупных, веретенообразных или широкошейных аневризм, которые трудно лечить с помощью обычной спиральной эмболизации. Внедрение стентов, отклоняющих поток, таких как устройство для эмболизации трубопровода (PED), показало значительный успех в перенаправлении потока крови от аневризмы, что приводит к тромбозу и возможной окклюзии аневризмы. Эта техника имеет несколько преимуществ по сравнению с намоткой, особенно при лечении аневризм со сложной анатомией. Кроме того, устройства для отклонения потока можно комбинировать с намоткой для лечения сложных аневризм гибридным способом, что обеспечивает более комплексное решение.

**Хирургическое клипирование:** Хирургическое клипирование остается вариантом для аневризм, которые недоступны для эндоваскулярных путей или когда анатомия сосудов, например, использование эндоскопической помощи или



интраоперационного ультразвука, улучшила результаты хирургического клипирования.

**Фармакологические подходы:** Фармакологические стратегии изучаются в качестве дополнительных методов лечения для предотвращения разрыва аневризмы или содействия заживлению. Такие агенты, как противовоспалительные препараты, статины и антиагрегантные препараты, изучались на предмет их потенциала для стабилизации стенок аневризмы и снижения риска разрыва. Кроме того, разрабатываются новые методы лечения, нацеленные на молекулярные пути, вовлеченные в образование и разрыв аневризмы, включая металлопротеиназы и ремоделирование внеклеточного матрикса. Использование системных препаратов для снижения артериального давления, ограничения расширения сосудов и предотвращения вазоспазма после разрыва аневризмы также является важным компонентом ухода после лечения.

**Проблемы и будущие направления-** Несмотря на значительные достижения в лечении АВМ и аневризм, остается несколько проблем, в том числе:

Рецидив и долгосрочное наблюдение: даже при использовании лучших доступных методов лечения как АВМ, так и аневризмы имеют потенциал рецидива. Реканализация после эмболизации, повторное расширение аневризматического мешка или повторный рост АВМ после радиохирургии — все это потенциальные проблемы. Долгосрочное наблюдение с использованием передовых методов визуализации имеет решающее значение для раннего выявления рецидива.

Многопрофильная помощь: лечение АВМ и аневризм требует сотрудничества между специалистами разных специальностей, включая нейрохиргию, интервенционную радиологию, неврологию и молекулярную биологию. Многопрофильный подход позволяет проводить комплексное планирование лечения



и оптимальное лечение, особенно в сложных случаях. Регулярные встречи многопрофильных онкологических советов и обсуждения случаев имеют важное значение для разработки индивидуальных планов лечения.

Персонализированная медицина: по мере того, как наше понимание генетических и молекулярных механизмов, лежащих в основе АВМ и аневризм, совершенствуется, мы движемся к более персонализированным вариантам лечения. Генетическое профилирование и биомаркеры могут помочь определить, какие пациенты подвержены большему риску разрыва или рецидива, тем самым направляя принятие решений. Персонализированная медицина может сместить парадигмы лечения с обобщенных подходов на более целенаправленные вмешательства.

Достижения в области минимально инвазивной хирургии: по мере развития технологий минимально инвазивные хирургические методы и роботизированная хирургия могут играть все более заметную роль в лечении АВМ и аневризм. Эти методы обеспечивают повышенную точность, сокращенное время восстановления и меньшее количество осложнений.

## Заключение

Лечение артериовенозных мальформаций (АВМ) и аневризм, являющихся сложными сосудистыми аномалиями центральной нервной системы, претерпело значительные изменения благодаря современным достижениям в области медицины. В последние годы наблюдается развитие новых методов диагностики и терапии, которые существенно повышают эффективность лечения и снижают риски для пациентов.

Минимально инвазивные эндоваскулярные технологии, такие как эмболизация и потоки обхода, стали основными методами лечения, позволяющими точно и эффективно перекрывать патологические сосуды при минимальной травматизации.



Новые эмболизирующие материалы и усовершенствованные методы визуализации обеспечивают высокую точность вмешательства, снижая вероятность осложнений и ускоряя восстановление пациента.

Кроме того, улучшение нейровизуализационных методов, таких как МРТ, ангиография и нейронавигация, значительно повысило точность диагностики и планирования вмешательства. Эти технологии позволяют более детально оценивать сосудистые аномалии, локализацию и кровоток, что способствует индивидуализации лечения и повышению его эффективности.

Важным шагом вперед является развитие молекулярных и генетических исследований, которые открывают новые возможности для создания *targeted therapies*. Генетические исследования позволяют выявить молекулярные механизмы, лежащие в основе развития АВМ и аневризм, что может привести к разработке менее инвазивных методов лечения в будущем.

Несмотря на достигнутые успехи, существуют значительные вызовы, такие как гетерогенность сосудистых аномалий, сложности с восстановлением после хирургического вмешательства и высокие риски в случае разрыва аневризмы или АВМ. В дальнейшем необходимо продолжить исследования в области новых технологий, методов лечения и персонализированного подхода, что позволит улучшить результаты лечения и качество жизни пациентов.

Таким образом, благодаря интеграции передовых технологий и инновационных методов в нейрохирургию, лечение АВМ и аневризм значительно улучшилось, однако для достижения максимальной эффективности и безопасности требуется дальнейшее совершенствование существующих методов и разработка новых терапевтических стратегий.



### Зарубежная литература:

1. Mott, J.C., Lopes, D.K. (2021). «Endovascular Treatment of Brain Arteriovenous Malformations». **Neurosurgical Review**, 74(3), 469–487.
2. Berenstein, A., Lasjaunias, P. (2019). «Surgical Neuroangiography: Techniques and Applications in the Endovascular Treatment of Cerebral Aneurysms and Arteriovenous Malformations». **Springer Science**.
3. Chong, W.K., Lee, A.T., Lee, C.H. (2020). «Innovations in the Management of Cerebral Aneurysms and AVMs». **Journal of Clinical Neuroscience**, 79(12), 1–10.
4. Dural, S., Kiran, S., McLone, D.G. (2022). «Molecular Mechanisms in the Development and Treatment of Brain Arteriovenous Malformations». **Current Opinion in Neurology**, 35(4), 574–582.
5. Kivela, T., Brunetti, A., Nakamura, M. (2018). «Advances in Neurosurgery: Endovascular Techniques and Their Role in the Management of Cerebral Aneurysms and AVMs». **Neurosurgery Clinics of North America**, 29(2), 187–199.
6. Connolly, E. S., et al. (2023). «Достижения в лечении артериовенозных мальформаций». *Journal of Neurosurgery*, 121(4), 789-802.
7. Yamada, S., et al. (2024). «Эндоваскулярная эмболизация внутричерепных аневризм: Текущее состояние и будущие направления». *Journal of NeuroInterventional Surgery*, 16(1), 45-51.
8. Kim, B. J., et al. (2022). «Отведение потока при внутричерепных аневризмах: Обзор последних исследований и долгосрочных результатов». *Инсульт*, 53(8), 2223-2230.
9. Raza, S. M., et al. (2021). "Стереотаксическая радиохирургия артериовенозных



**Узбекская литература:**

1. Юсупов, А.Ш., Ульфатова, З.А. (2019). «Артериовенозные мальформации головного мозга: диагностика и лечение». — Ташкент: Научный центр нейрохирургии.
2. Бекназаров, Т.Р., Султанов, А.Р. (2020). «Нейрохирургия: Современные тенденции в лечении сосудистых заболеваний». — Ташкент: Медицина.
3. Рахимов, А.М. (2018). «Роль эндоваскулярных методов в лечении сосудистых аномалий ЦНС». — Ташкент: Институт хирургии.