

**Эндоваскулярный термальный катетер. Новый подход к лечению неоперабельных артериовенозных мальформаций головного мозга.**

**Научный руководитель – Вотякова Марина Александровна**

**Макаров Илья Андреевич**

*Студент (специалист)*

Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И.

Пирогова, Москва, Россия

*E-mail: makarova0211.dv@mail.ru*

**ЭНДОВАСКУЛЯРНЫЙ ТЕРМАЛЬНЫЙ КАТЕТЕР: НОВЫЙ ПОДХОД К ЛЕЧЕНИЮ НЕОПЕРАЕЛЬНЫХ АРТЕРИОВЕНОЗНЫХ МАЛЬФОРМАЦИЙ ГОЛОВНОГО МОЗГА**

Актуальность. Артериовенозные мальформации (АВМ) высоких градаций (Spetzler-Martin IV-V) представляют серьезную проблему из-за невозможности радикального хирургического удаления и низкой эффективности существующих методов. «Золотой стандарт» — радиохирurgia на аппарате «Гамма-нож» — требует ожидания 3–5 лет до облитерации сосуда, в течение которых сохраняется риск кровоизлияния (до 5,7%), а лучевое повреждение здоровой ткани мозга возникает в 15–45% случаев. Это диктует необходимость принципиально нового подхода.

Цель работы. Обосновать концепцию эндоваскулярного термального катетера (ЭТК), использующего нагрев в поле МРТ для быстрой и селективной облитерации питающего сосуда АВМ, и доказать его преимущество перед радиохирургией.

Идея и конструкция. ЭТК — это устройство для катетеризации сосудов, состоящее из титанового наконечника, фиксирующего баллона и титановой нити (80 мм) в полиимидной изоляции. При помещении пациента в МРТ (1,5 Тл) титановая нить выступает в роли антенны: резонанс с радиочастотным полем индуцирует ток (закон Джоуля-Ленца), который разогревает наконечник до 48°C за 3 минуты. Полиимидная изоляция предотвращает рассеивание тепла в кровоток, концентрируя его строго на стенке сосуда.

Ключевые результаты (математическое обоснование):

Скорость. Время процедуры — 3 минуты против 3–5 лет ожидания при радиохирургии. Преимущество по времени — в 600 000 раз, что полностью исключает риск разрыва АВМ в латентном периоде.

Селективность. Градиент температуры в ткани составляет 11°C/мм, поэтому зона необратимого повреждения ограничена радиусом менее 0,5 мм от кончика катетера. Здоровые ткани мозга не страдают (в отличие от Гамма-ножа с пучком от 4 мм и риском некроза до 6,2%).

Эффективность. Согласно уравнению Аррениуса, нагрев до 48°C в течение 150 секунд обеспечивает вероятность выживания клеток эндотелия менее  $10^{-91}$ , что означает 100% гарантированную гибель эндотелия и последующую облитерацию сосуда.

Независимость от характеристик АВМ. В отличие от радиохирургии, где для АВМ объемом более 3 см<sup>3</sup> облитерация достигается лишь в 28–37% случаев, ЭТК воздействует непосредственно на питающий сосуд, поэтому его эффективность не зависит ни от объема, ни от глубины залегания мальформации.

Интегральная польза. Сравнительный анализ с актуальными клиническими данными (2015–2025 гг.) показал: для АВМ IV-V типов интегральная польза (эффективность × отсутствие осложнений) для Гамма-ножа составляет 0,51, а для ЭТК — 0,95. Относительное преимущество — в 1,86 раза.

Безопасность. Устройство не имеет кумулятивных рисков: отсутствует лучевая токсичность, возможно многократное применение, нет отдалённых последствий (канцерогенез, постлучевые кисты).

Заключение. Разработанный эндоваскулярный термальный катетер представляет собой принципиально новый метод лечения неоперабельных АВМ, сочетающий минимальную инвазивность эндоваскулярной хирургии с точностью и безопасностью МРТ-навигации. Устройство позволяет добиться мгновенной и гарантированной облитерации питающего сосуда без повреждения окружающей паренхимы, преодолевая главные ограничения радиохирургии — длительное ожидание и лучевую нагрузку.

Перспективы. Проект готов к этапу экспериментального моделирования на животных с последующей клинической апробацией. Приглашаем к сотрудничеству для реализации следующего этапа исследований.

### Источники и литература

- 1) The Forefront of Gamma Knife Radiosurgery for Brain AVMs. Springer, 2025.
- 2) Complications after Gamma Knife Radiosurgery for Brain AVMs. Acta Neurochirurgica, 2025.
- 3) Gamma knife radiosurgery for AVMs of basal ganglia, thalamus and brainstem. INFONA, 2024.
- 4) Complications after Gamma Knife Radiosurgery for Brain AVMs. Springer, 2025.
- 5) Gamma knife radiosurgery for cerebral AVM in children. Egyptian J. Neurosurgery, 2024.
- 6) Long-Term Outcome of Time-Staged Gamma Knife Radiosurgery for Large AVMs. J. Korean Medical Science, 2024.

### Иллюстрации

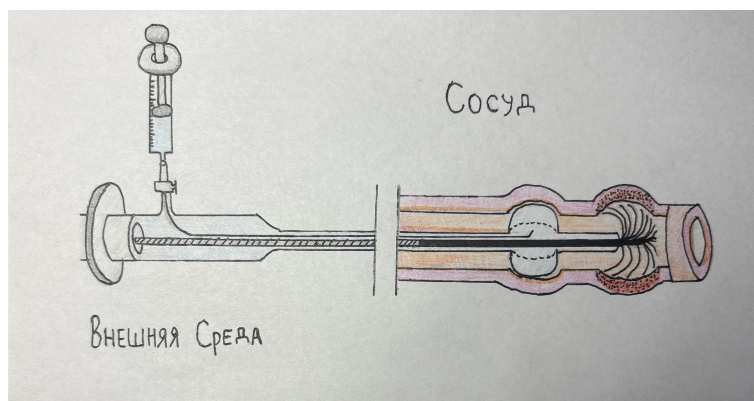


Рис. : Эндоваскулярный термальный катетер. Схема.