



Е.И. СЛЫНЬКО<sup>1</sup>, В.А. ХОНДА<sup>2</sup>, А.Н. ХОНДА<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ГУ «Институт нейрохирургии  
им. акад. А.П. Ромоданова НАМН Украины», Киев

<sup>2</sup>Киевский медицинский университет УАНМ

## Дифференцированное эндоваскулярное и микрохирургическое лечение спинальных сосудистых мальформаций

**Цель работы** — разработать комбинированный метод лечения спинальных артериовенозных мальформаций (АВМ) и оценить его эффективность.

**Материалы и методы.** Проанализированы серии случаев спинальных АВМ, в которых применены комбинированные методы лечения. У 148 больных регистрировали такие спинальные мальформации: интрадуральные АВМ (глобусные или ювенильные), интрадуральные и дуральные артериовенозные фистулы. Лечение спинальных АВМ предусматривало эндоваскулярную окклюзию и открытое микрохирургическое вмешательство. Изучены непосредственные и отдаленные результаты лечения.

**Результаты.** Большинство ювенильных, интрадуральных АВМ и интрадуральных артериовенозных фистул оперированы комбинированным методом. При иных типах АВМ использовали только микрохирургические вмешательства. Выявлена высокая эффективность комбинированного вмешательства, увеличение радикальности выключения АВМ, уменьшение объема интраоперационного кровотечения. Среди методов эндоваскулярной окклюзии эмболизация жидкими эмболизирующими веществами является методом выбора.

**Выводы.** Успешное лечение спинальных АВМ зависит не только от метода хирургического вмешательства, но и от структурных их особенностей, ангиоархитектуры, возможностей эндоваскулярного и микрохирургического лечения.

**Ключевые слова:** спинальные мальформации, артериовенозные мальформации, артериовенозные фистулы, лечение, методы.

Лечение спинальных АВМ до настоящего времени является наименее разработанным в отличие от лечения других мальформаций ЦНС. Применяют открытые микрохирургические вмешательства и трансвазальные эмболизирующие операции, эффективность которых значительно варьирует. Многие авторы при выборе лечения спинальных АВМ основываются на собственном опыте использования того или иного метода. В последние годы отмечено развитие как открытых микрохирургических методов лечения спинальных АВМ, так и методов трансвазальных вмешательств [10, 12, 28].

Трансвазальные эмболизирующие операции применяют как самостоятельные вмешательства или как этап перед микрохирургическим выключением артериовенозных мальформаций (АВМ). Использование их в качестве самостоятельного

метода лечения имеет строгие показания в зависимости от типа АВМ. В большинстве случаев трансвазальные эмболизирующие операции применяют для предварительной окклюзии притоков или гнезда АВМ. Как микрохирургические, так и эндоваскулярные вмешательства имеют свои ограничения, показания, противопоказания [9—11]. Многие авторы полагают, что наиболее эффективным и рациональным является применение дооперационной эмболизации АВМ с последующим микрохирургическим вмешательством, направленным на удаление мальформации [3, 16]. Однако использовать эти методы по отдельности или в сочетании следует в зависимости от особенностей клинического случая.

К недостаткам микрохирургического вмешательства относят риск, связанный с кровоточивос-

тью в зоне АВМ, особливо АВМ, сопровождающихся шунтированием большого количества крови (ювенильные и внутримозговые АВМ, перимедулярные фистулы IVb, IVc типа). Другим недостатком открытых вмешательств является риск повреждения спинного мозга при удалении АВМ, особенно содержащих сосудистые конгломераты (внутримозговые гломусные АВМ, ювенильные АВМ) [3]. Необходимо учитывать риск ишемических нарушений в спинном мозге после радикальной деваскуляризации АВМ. При вентральной локализации АВМ или питающих ее сосудов открытое хирургическое вмешательство технически трудно выполнимо и требует определенных хирургических приемов [6].

Минимальная инвазивность рентгенэндоваскулярных манипуляций, отсутствие необходимости в ламинэктомии и риска интраоперационной кровоточивости являются их преимуществами [3]. Эндovasкулярная эмболизация приводит к быстрому устранению патологического шунтирования крови, восстановлению нормального кровотока. Идеальным результатом этого метода считают тромбирование композиционными материалами патологического конгломерата сосудов (гнезда) или зоны артериовенозной фистулы (АВФ), а затем тромбирование приводящих сосудов АВМ. Однако даже в случае тромбирования патологического конгломерата сосудов (гнезда) недостатком эндovasкулярной эмболизации является сохранение масс-эффекта [16]. Во многих случаях из-за анатомического строения питающих сосудов АВМ невозможно ввести тромбирующие агенты непосредственно в сосуды гнезда АВМ, вследствие чего приходится облитерировать основные питающие сосуды АВМ. Эндovasкулярной технологией добиться выключения всех питающих сосудов спинальной АВМ практически невозможно. После такого вмешательства сохраняются сосуды гнезда АВМ, а также мелкие притоки к ним. Эти мелкие притоки в дальнейшем способны гипертрофироваться и превращаться в полноценные питающие сосуды [16], что обуславливает высокую частоту послеоперационной реканализации АВМ. Еще одним существенным недостатком эндovasкулярной технологии является крайне высокий риск или невозможность суперселективной катетеризации мелких притоков и опасность окклюзии функционально важных спинальных сосудов в случае эмболизации через корешковую спинальную артерию [20, 28].

Показания к трансваскулярной эмболизации основываются на возможностях данного метода, связанных с техническим уровнем селективной катетеризации сосудов АВМ и техническими характеристиками тромбирующих агентов, применяемых для эмболизации АВМ.

Разработка новых типов суперселективных катетеров для доставки мелких тромбирующих агентов в АВМ является важной задачей. В насто-

ящее время используют следующие катетеры: Tracker-10, 18 — микрокатетеры с соответствующими проводниками (Target Co., США), Transit-микрокатетеры и проводники (Cordis Co., США), Jetstream микрокатетеры (Mis Co., США), Mag 3F/2F — микрокатетеры (Balt Co., Франция) [12].

С внедрением суперселективных микрокатетеров (Tracker-18 vascular access system — один из первых таких катетеров) удалось повысить эффективность эмболизации микрочастицами путем введения их более дистально к АВМ. Наружный диаметр проксимального, дистального отдела и конца катетера составляет 3,0; 2,2 и 2,7 F соответственно. Максимальный калибр внутреннего просвета катетера — 0,018 дюйма. Недавно внедренный Tracker-10 имеет меньший диаметр (2,0 F), чем Tracker-18, и увеличивает доступ к АВМ. Частицы-эмболы из поливинилалкоголя (ПВА) имеют диаметр от 130 до 330 мкм и легко проходят через катетер. T.H. Suh и L. Alexander [27] установили, что диаметр нормальной передней спинальной артерии варьирует от 340 до 1100 мкм, тогда как диаметр нормальной сульфокомиссуральной артерии — от 60 до 72 мкм. Поэтому частицы ПВА свободно проходят через переднюю спинальную артерию, не проникая в сульфокомиссуральные артерии, но проникая в расширенные сосуды, питающие АВМ. По сообщению H. Touho и соавт., при использовании стандартной эмболизирующей техники у 18 больных (6 гломусных АВМ, 4 ювенильных, 3 экстрамедулярных и 5 дуральных АВФ) путем установки катетера у начала сегментарных питающих артерий и инъекции частиц ПВА размером 500—1000 мкм, по данным контрольных ангиографий, частота реканализации составляла 71,4 % (10 больных), а частота появления новых питающих артерий — 35,7 %. С внедрением нового поколения катетеров Tracker авторы использовали ПВА-частицы диаметром 150—350 мкм. У 5 больных (4 гломусных АВМ, 1 ювенильная, 3 дуральные АВФ) удалось добиться непосредственного улучшения. У 3 пациентов с выраженным дооперационным дефицитом неврологическая картина после операции не изменилась. У 1 больного с гломусным типом АВМ наблюдали временное ухудшение неврологического статуса вследствие попадания эмболов в переднюю спинальную артерию. У больного с ювенильной АВМ возникло субарахноидальное кровотечение вследствие перфорации катетером радикулотомоулярной артерии. По данным отдаленных ангиографий, частота реканализации при использовании нового катетера составила 50,0 %, а частота появления новых притоков — 25 % [32].

Для эмболизации АВМ в прошлом применяли различные материалы: кусочки губки, пропитанные тромбином [30], частицы Ivalon [32] или частицы ПВА [3], цианокрилат [3], отделяемые баллоны, от-

деляемые спирали. В настоящее время используют следующие тромботические агенты: 1) НБЦА (Н-бутил-2-цианокрилат) в низкой концентрации (25—30 %) и в небольшом количестве (0,08—0,15 мл) при медленном введении в гнездо АВМ; 2) embosphere (Guerbet Co., Франция) — желатиновые микросферы с гидрофильной мембраной. Чаще всего применяют частицы с диаметром от 500 до 700 мкм. Для облитерации гнезда с применением медленной инъекции используют небольшое количество частиц; 3) pulsar (MIS Co., США) — рентген-контрастные частицы с гидрофильной мембраной, покрытой титановым порошком; 4) микробаллоны (Bait Co., Франция) — баллоны, используемые только для окклюзии больших притоков при больших АВМ; 5) microcoils и microspirals (платиновые или из каленой стали, спирали MDS или GDC) используют в тех же случаях, что и баллоны; 6) моливинил-алкогольная пена с шелковыми нитями [12]; 7) эмболизирующая композиция «Эмболин», состоящая из 10 % медицинского полиуретана, растворенного в диметилсульфоксиде. Для визуализации смеси при рентгенографии в нее добавлен 1 % этиотраст — жирорастворимый контраст [1].

S. Tadavarthy и соавт. в 1975 г. впервые продемонстрировали клиническое значение ПВА (Ивалон) как эмболического материала в лечении спинальных АВМ [29]. W. Casraneda-Zuniga и соавт. сообщили, что при использовании частиц ПВА через 9 мес обнаруживаются частично кальцифицированные тромбы в АВМ [5]. R. White установил, что не всегда эмболизация ПВА дает положительный результат, так как частицы ПВА способны мигрировать дистально [34]. Позже J. Horron и соавт. зафиксировали высокую частоту реканализации при эмболизации частицами Ивалона у 2/3 больных [8]. Другими авторами также подтверждено, что эмболизация Ивалоном оказывает только временный эффект. Причиной неудачных эмболизаций, как полагают, является формирование коллатералей через интрадуральные-экстрадуральные каналы при проксимальном расположении эмболизирующих частиц в радикуломедулярной артерии [21].

Несмотря на риск реканализации, большинство интервенционных нейрорадиологов предпочитают ПВА-частицы [13]. Китайские авторы [3] полагают, что большинство спинальных артерий слишком длинные и извитые, чтобы проводить через них микрокатетер. Авторы использовали прямое введение ПВА-частиц в метамерные артерии без суперселективной катетеризации. Размер частиц подбирали в зависимости от ангиоархитектоники АВМ. При проведении эмболизации через переднюю спинальную артерии авторы не применяли частицы диаметром более 100 мкм. По их мнению, несмотря на высокую частоту реканализации, учитывая качество жизни больных после эмболизации, им можно выполнять периодическую эмбо-

лизацию АВМ по мере ее реканализации. По данным авторов, из 80 больных у 23 были ювенильные АВМ, у 15 — гломусные, у 27 — интрадуральные АВФ у 8 — дуральные фистулы и у 7 — мальформации другого типа. У 22 больных с ювенильными АВМ проведена эмболизация ПВА-частицами. Один больной умер вследствие субарахноидального кровоизлияния. У 17 (74 %) в дальнейшем проведены эмболизации вследствие клинического рецидива и реканализации АВМ. Некоторым больным эмболизацию проводили много раз. Из 15 больных с гломусными интрамедуллярными АВМ у 11 имелось гнездо медианной или дорсальной локализации. У них была выполнена эмболизация, а затем микрохирургическая резекция. У 2 больных проведена только эмболизация в связи с латеральным расположением гнезда. У 1 больного, у которого гнездо кровоснабжалось только сульфокомиссуральными артериями, выполнена открытая резекция гнезда. У 5 больных с интрадуральными фистулами проведено открытое вмешательство, у 9 пациентов для окклюзии применили спирали, из них 4 были оперированы. У 7 больных выполнена эмболизация отделяемыми баллонами, 3 из них затем оперированы. У одного больного эмболизация ПВА-частицами через переднюю спинальную артерию привела к облитерации артерии. У 3 больных с дуральными фистулами использована эмболизация акрил- $\alpha$ -цианокрилатом, у 2 — ПВА-частицами. Из них у 2 через 3 мес проведены открытые вмешательства вследствие реканализации. У 1 больного с паравертебральной АВМ выполнена эмболизация акрил- $\alpha$ -цианокрилатом. У 1 пациента после эмболизации акрил- $\alpha$ -цианокрилатом проведено открытое оперативное вмешательство. Из 76 больных, которым выполнены эмболизация или прямые операции, 86,8 % отметили улучшение, у 7,9 % состояние не изменилось и у 5,3 % неврологический статус ухудшился.

Для повышения эффективности эмболизации M.K. Morgan и W.R. Marsh предложили сочетать ПВА с микрофибриллярным коллагеном [19].

Акрил- $\alpha$ -цианокрилат-мономер — раствор, характеризующийся низкой вязкостью. Скорость полимеризации обратно пропорциональна длине алкильной цепи. Раствор немедленно полимеризуется в крови и стабилен в 5 % растворе декстрозы. Несколько факторов влияют на полноту облитерации АВМ: время полимеризации, скорость инъекции, скорость кровотока, положение катетера, размеры притоков. Медленная инъекция со скоростью 0,3 мл/с приводит к облитерации сосудов непосредственно в месте введения, тогда как инъекция со скоростью 0,6 мл/с — к попаданию фрагментов эмболов в мелкие артерии и даже вены. M. Riche сообщил об успешной эмболизации спинальных АВМ таким методом у 21 больного. Один больной умер после эмболизации внутри-

мозговой АВМ на шейном уровне [22]. По сообщению G. Scialfa, эмболизация АВМ была успешной у 5 больных [25]. Другие авторы настороженно относятся к данному полимеру [3]. По их мнению, время полимеризации сложно контролировать и этим полимером труднее эмболизировать само гнездо. Из-за жидкого состояния полимер может диффундировать в нормальные сосуды мозга через анастомозы даже если катетер подведен непосредственно к гнезду. В отличие от спинальных АВМ, при АВМ головного мозга данный полимер является методом выбора.

НБЦА — цианокрилатный полимер, обладающий значительной твердостью. Хотя ИБЦА (изобутил-2-цианокрилат) — недавно предложенный для применения полимер — более мягкий по сравнению с предшественником, оба полимера слишком твердые, и в случаях, когда планируют последующее оперативное вмешательство, предпочтительнее использовать ПВА-частицы [2].

ЭЦА — этил-2-цианокрилат — внедрен недавно, он значительно мягче, чем НБЦА. ЭЭЦА — этоксиэтил-цианокрилат — характеризуется более мягкими эмболами по сравнению с ЭЦА. Недавно внедрен этилен-винил-алкогольный сополимер, который характеризуется низкой вязкостью и образует губчатообразный гель. Этот эмболический материал следует использовать, если планируется последующее оперативное вмешательство [2].

W.A. Hall и соавт. сообщили, что частота реканализации АВМ после эмболизации любым типом полимера или эмболизирующих частиц — сходная и составляет 83,8 % [7]. Учитывая высокую частоту реканализации, авторы полагают, что в лечении спинальных АВМ микрохирургические вмешательства остаются методом выбора [7].

Показания к применению эндоваскулярной эмболизации определяют с учетом типа АВМ и ее ангиоархитектоники.

### Дуральные АВФ

Эмболизация дуральных АВФ приводит только к временному эффекту. Эмболизированные АВФ часто реканализуются, что ведет к рецидиву клинической симптоматики. Эмболизация не может быть проведена безопасно в тех случаях, когда фистулу и спинной мозг питает одна и та же артерия [21]. В случае дуральных АВФ, если удастся провести селективную катетеризацию притоков фистулы, предпочитают использовать жидкие эмболизирующие агенты [18]. Временная окклюзия частицами часто ведет к быстрой реканализации [7, 19]. Полагают, что жидкие материалы проникают более дистально в сосудистое русло АВМ. Однако слишком дистальное проникновение чревато отсроченным тромбозом вен коронарного сплетения спинного мозга и поздними осложнениями в виде кровоизлияний и параплегии. У большинства

больных притоки к дуральным фистулам слишком тонкие и извитые, чтобы можно было применить эмболизацию. В таких случаях требуется проведение открытых хирургических вмешательств. Если эмболизация не приводит к полной окклюзии АВФ, то имеется риск проникновения эмболов в коронарное венозное сплетение спинного мозга с последующей венозной гипертензией. В этих случаях необходимо проведение открытой операции [2].

По данным J.J. Merland и соавт. [17, 18], из 63 больных с дуральными АВФ эмболизация проведена у 36, открытые оперативные вмешательства — у 27. Для эмболизации авторы использовали ИБЦА. По их данным, у 80 % больных частично регрессировали неврологические проявления, у 63 % — получены хорошие результаты. В наблюдениях K.L. Mourier и соавт. у примерно 40 % больных состояние улучшилось, у 30 % — стабилизировалось и у 30 % — ухудшилось [20].

### Интрамедуллярные гломусные АВМ

С совершенствованием микрохирургической техники стала возможной резекция интрамедуллярных гломусных АВМ [24]. Наиболее доступны для такого удаления дорсально или центрально расположенные гломусные АВМ, которые можно тотально удалить, не повреждая спинной мозг. Дооперативная эмболизация значительно уменьшает кровотечение и облегчает прямое удаление гнезда АВМ.

По данным A. Biondi и соавт. [4], 35 больным с внутримозговыми спинальными АВМ (15 больных с ювенильными АВМ) проведено 158 эмболизаций. Авторы использовали в основном ПВА-частицы, причем у 63 % больных отмечено улучшение непосредственно после операции. Однако частая и быстрая реканализация была причиной повторных эмболизаций каждые 6—12 мес. Отдаленные результаты прослежены у 19 больных. У 54 % из них неврологический статус остался стабильными, у 26 % отмечено дальнейшее улучшение, у 20 % наблюдали ухудшение. M.C. Riche и соавт. [22] провели эмболизацию у 17 больных. Состояние 9 больных улучшилось, у 3 — ухудшилось, у 5 — неопределенный результат.

В случае АВМ передней локализации, питающихся сульфокомиссуральными артериями от передней спинномозговой артерии, проведение эмболизации сопряжено с определенными сложностями, учитывая возможность окклюзии передней спинальной артерии. Из-за особенностей ангиоархитектоники многие АВМ с мелкими сосудами для эмболизации не подходят. Удаление этих АВМ микрохирургическим путем долгое время представляло опасность. Недавно описана методика заднебокового доступа с ротацией спинного мозга [14, 15], что значительно облегчает такое удаление и делает доступным обзор переднюю спинальную ар-

терии и ее притоков. Для удаления этих АВМ используют также разные варианты передних доступов с корпорэктомией и корпородезом. Некоторые авторы используют задний доступ со срединной миелотомией и отделением гнезда от спинного мозга. В процессе отделения обнаруживают притоки от передней спинальной артерии, которые постепенно коагулируют [6]. Методом выбора в лечении внутримозговых гломусных АВМ большинство авторов считают микрохирургическую технику в комбинации с эндоваскулярной окклюзией или без нее.

### Ювенильные АВМ

До настоящего времени лечение ювенильных АВМ дает наиболее плохие результаты. Многие авторы сообщают о сочетанном применении открытых вмешательств после эмболизации [26, 32]. Однако, используя технику открытых вмешательств, можно удалить только поверхностную часть АВМ [26]. Окклюзия притоков приводит к краткосрочному результату [26]. С развитием интервенционной радиологии эмболизация таких АВМ стала методом выбора. Сообщается о многих успешных операциях при использовании данной техники [13]. О выборе агентов для эмболизации нет единого мнения [7, 19]. Несмотря на риск реканализации, многие авторы предпочитают проводить эмболизацию микрочастицами [13]. Н. Touho считает, что только радикальное хирургическое удаление АВМ после эмболизации может привести к выключению АВМ [32]. Используя эмболизацию, невозможно добиться полной облитерации ювенильных АВМ. По мнению В. Thompson и Е. Oldfield, исчезновение ангиографических признаков АВМ еще не означает, что ее сосудистая сеть полностью выключена [31].

### Интрадуральные перимедуллярные фистулы

В лечении интрадуральных перимедуллярных фистул применяют различные методы. Лучшим методом лечения АВФ IVa типа является хирургическое иссечение короткого сегмента артериализированной вены, так как саму фистулу часто трудно идентифицировать, а питающие артерии, отходящие от передней спинальной артерии, обычно слишком тонкие и извитые для суперселективной эмболизации. Инъекция жидких эмболических агентов через переднюю спинальную артерию может привести к ее окклюзии, а применение для эмболизации слишком мелких частиц — к их миграции в венозное русло или в сосудистую систему всего организма. АВМ IVb типа имеют более широкие питающие сосуды, пригодные для эмболизации жидким материалом или спиралями. АВМ IVc типа характеризуются крупными притоками, через которые можно провести отделяемые баллоны или спирали в область фистулы. Хирургическое вмешательство при таких фистулах, без предшествующей

эмболизации, очень опасно [17, 18]. Оно может быть рекомендовано, если эмболизация не привела к полной окклюзии или произошла реваскуляризация эмболизированной АВФ [31].

**Цель работы** — разработать комбинированный метод лечения спинальных мальформаций и оценить его эффективность.

### Материалы и методы

Проанализированы результаты обследования и лечения 148 больных, которым в 1995—2012 гг. проводилось лечение по поводу спинальных АВМ. У 60 больных имелись дуральные АВФ (I тип), у 24 — гломусные интрамедуллярные АВМ (II тип), у 16 — интрадуральные ювенильные АВМ (II тип), у 48 — интрадуральные перимедуллярные АВФ (IV тип).

С учетом типа АВМ у 32 больных проведена дооперационная эмболизация клеящими композициями притоков и гнезда АВМ. Открытое микрохирургическое выключение притоков и оттоков или резекцию гнезда АВМ применили как самостоятельный вид лечения у 116 больных, после предварительной трансвазальной эмболизации АВМ — у остальных.

Показания и противопоказания к трансвазальной эмболизации, открытым хирургическим вмешательствам или их сочетаниям в каждом случае устанавливали по данным клинической картины и ангиографического исследования.

### Результаты и обсуждение

На основании данных ангиографии проведено изучение ангиоанатомии АВМ и оценена возможность проведения дооперационной эмболизации АВМ. Для этого независимо от типа АВМ необходимо было выявить значительный объем шунтирования и питающие артерии АВМ, не участвующие в кровоснабжении спинного мозга.

Мы применили две принципиально различные техники трансвазальной эмболизации: 1) селективное проведение катетера к питающей артерии или непосредственно в гнездо АВМ с последующим введением эмболизирующего материала в фистулу; 2) эмболизация по току крови эмболами или полимером, вводимым в проксимальный участок питающей артерии. Первый тип являлся более селективным и безопасным. При такой технике эмболизирующий материал доставлялся непосредственно в АВМ и полностью исключалась опасность выключения функционально важных артерий, питающих спинной мозг. Вторым вариантом техники менее управляемый и более опасный, его применяли в тех случаях, когда селективно катетеризировать непосредственные притоки АВМ не удавалось. При первом типе техники чаще всего использовали жидкий окклюзирующий полимер, при втором — эмболы-частицы.

Первый вид техники чаще всего использовали при дуральных фистулах, иногда — при внутримоз-



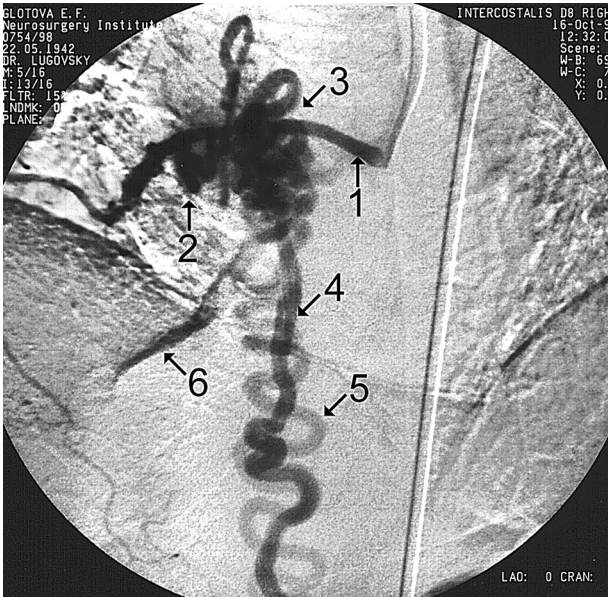
**Рис. 1.** Интрамедуллярная гломусная АВМ на уровне ThVIII—ThIX. МРТ нижнегрудного и поясничного отделов позвоночника. На уровне ThVIII—ThIX видны плотно расположенные зоны «пустого» МРТ-сигнала, соответствующие высокому кровотоку в сосудах гнезда. Эти же зоны прослеживаются до уровня L<sub>V</sub>, что соответствует кровотоку по дренирующим венам

говых гломусных АВМ (рис. 1), второй тип — при перимедуллярных фистулах и ювенильных АВМ.

Техника селективного проведения сосудистого катетера и введения жидкого эмболизирующего материала в фистулу или АВМ была следующей. Выполняли пункцию правой бедренной артерии, в которой устанавливали клапанную катетеризационную систему. Через нее в сосудистое русло вводили ангиографический катетер (наружный диаметр 7 F, внутренний — 0,38—0,35 Din (Simons I-II)). Катетеризировали магистральный ствол *a. intercostalis*, от которой отходили питающие АВМ сосуды. Через основной ангиографический катетер проводили тонкий лечебный катетер, который доставлялся в питающие АВМ артерии, отходящие от *a. intercostalis*, как можно ближе к АВМ. Выполняли суперселективную ангиографию для определения возможности эмболизации. Если эмболизация была возможна, то через лечебный катетер вводили жидкую тромбирующую композицию (ИБЦА, ПВА, полиуретановая тромбирующая композиция) в количестве, необходимом для выключения АВМ, как правило, 0,2—0,3 мл (рис. 2—6).

В наших наблюдениях при эмболизации дуральных АВФ большое значение имела оценка функциональной значимости питающего сосуда. Если передняя спинальная артерия получала кровоснабжение из той же сегментарной артерии, что и дуральная АВФ, это было противопоказанием к эмболизации. При решении вопроса об эмболизации учитывали возможность селективно катетеризировать приток. Эмболизация дуральных АВФ наиболее хорошо удавалась при введении эмболов в виде микрочастиц. Иногда проводили эмболизацию жидкими полимерами. Чаще всего эмболизация дуральных АВФ приводила к полному выключению сегментарной межреберной артерии (рис. 7).

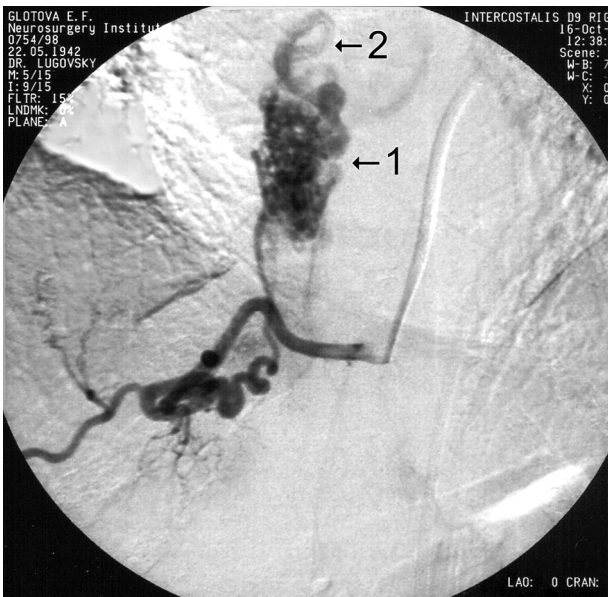
Техника эмболизации спинальных АВМ по току крови с использованием эмболов-частиц была следующей. Для эмболизации через межреберную артерию катетер устанавливали в проксимальной части артерии. Дистальный конец артерии необходимо перекрыть баллоном-катетером для того, чтобы эмболы с током крови попадали в спинальные ветви сегментарной межреберной артерии, а не в ее дистальные отделы. Размеры эмбольных частиц подбирали таким образом, чтобы они свободно проходили через приводящие переднюю или заднюю спинномозговые артерии или расширенные сульфокомиссуральные артерии к АВМ, не вызывая окклюзии важных для кровоснабжения спинного мозга сосудов. Учитывая, что диаметр нормальной спинальной артерии варьирует от 340 до 1100 мкм, а диаметр нормальных сульфокомиссуральных артерий — от 60 до 72 мкм, частицы размером 150—250 мкм должны проходить через спинальную артерию и не попадать в нормальные сульфокомиссуральные артерии, а



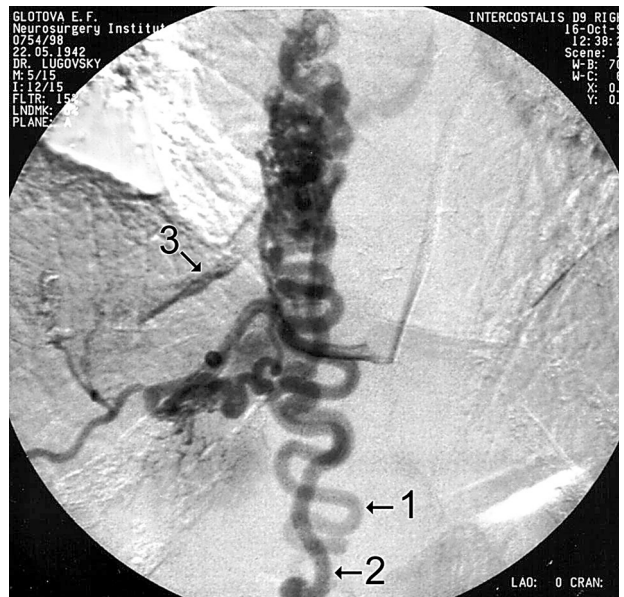
**Рис. 2.** Селективная ангиография ThVIII правой сегментарной артерии: 1 — сегментарная артерия; 2 — питающий сосуд; 3 — конгломерат сосудов гнезда; 4 — вентральная вена, дренирующая в каудальном направлении; 5 — дорсальная вена, дренирующая в каудальном направлении; 6 — сегментарная дренирующая вена (радикулосегментарная)



**Рис. 3.** Селективная ангиография ThIX правой сегментарной артерии (начальная фаза): 1 — сегментарная артерия; 2 — питающий сосуд; 3 — конгломерат сосудов гнезда. Сосуды гнезда, которые питаются от ThIX правой сегментарной артерии, отличаются от сосудов, которые питаются от ThVIII правой сегментарной артерии, меньшим диаметром



**Рис. 4.** Селективная ангиография ThIX правой сегментарной артерии (средняя фаза). По-прежнему заполняются тонкие сосуды гнезда (1). Частично начинают заполняться сосуды гнезда большого диаметра (2). Эти сосуды соответствуют таковым при ангиографии ThVIII правой сегментарной артерии



**Рис. 5.** Селективная ангиография ThIX правой сегментарной артерии (конечная фаза). Рисунок венозного дренирования соответствует таковому при ангиографии ThVIII правой сегментарной артерии: 1 — дорсальная дренирующая вена; 2 — вентральная дренирующая вена; 3 — сегментарная дренирующая вена (радикулосегментарная)



**Рис. 6.** Селективная ангиография ThVIII правой сегментарной артерии после ее эндоваскулярной облитерации. Контрастируется сегментарная артерия слева, справа она не видна



**Рис. 7.** Селективная ангиография ThIX правой сегментарной артерии после эндоваскулярной облитерации питающего АВМ сосуда



**Рис. 8.** Интраоперационное фото. Каудальный полюс раны на уровне ThX-L1. Видна дорсальная дренирующая вена

проходить в расширенные артерии, кровоснабжающие АВМ.

Контрольная суперселективная ангиография продемонстрировала выключение АВМ либо необходимость проведения дополнительной эмболизации. Для более безопасной эмболизации применяли поэтапную методику. Небольшими порциями вводили эмболизующий материал, проводили контрольную ангиографию и снова вводили эмболизующий материал до полной облитерации АВМ. После подтверждения выключения АВМ терапевтический катетер удаляли и выполняли ангиографию *a. intercostalis*. В случае выключения АВМ из кровотока и отсутствия других сосудов, питающих АВМ, удаляли ангиографический катетер и клапанную катетеризационную систему из бедренной артерии.

Дооперационная эмболизация проведена нами у 32 больных, в первую очередь с внутримозговыми гломусными и ювенильными АВМ, характеризовавшимися значительно увеличенным кровотоком. У всех больных с ювенильными АВМ выполнена эмболизация главных притоков гнезда, после чего проведено микрохирургическое удаление мальформации. Эмболизацию выполняли также в случае перимедулярных фистул с высоким кровотоком (VI b-с тип). В последующем этим больным проведено открытое оперативное вмешательство для резекции АВМ.

Для надежной окклюзии внутримозговой гломусной АВМ необходима облитерация гнезда, а не проксимальных питающих сосудов, которая могла привести как к неврологическому дефициту, так и к быстрому рецидиву за счет развития коллатеральных притоков. В наших наблюдениях больший успех отмечен, если удавалось облитерировать АВМ, кровоснабжающиеся из передней спинальной артерии. Это обусловлено высоким кровотоком по данной артерии, а также ее относительно большими размерами по сравнению с другими спинальными артериями. Перед эмболизацией необходимо было визуализировать переднюю спинальную артерию выше и ниже АВМ, а также выявить все радикулярные артерии, участвующие в питании АВМ. На боковых рентгенограммах устанавливали расстояние между передней спинальной артерией и гнездом АВМ, это позволяло определить длину сульфокомиссуральных артерий, выбрать материал для эмболизации или определить особенности хирургической тактики. Наличие гнезда АВМ непосредственно у передней спинальной артерии с короткими и расширенными сульфокомиссуральными артериями было показанием к эмболизации вообще и, в частности, жидким полимером. Во время эмболизации мы старались сохранить нормальные сульфокомиссуральные арте-



рии. Для эмболизации также необходимо, чтобы питающие сосуды гнезда АВМ были больше, чем нормальные спинальные артерии. Эмболизацию АВМ в грудном отделе обычно проводили через расширенную артерию Адамкевича. Для эмболизации в шейном отделе селективно катетеризировали ветви позвоночной артерии. Если в питании гнезда АВМ участвовала задняя спинномозговая артерия, то выполнение эмболизации через нее удавалось редко (рис. 8).

Микрохирургическое удаление АВМ проводили обычно на второй день после ее трансвазального выключения. Во всех случаях выполнения дооперационной эмболизации АВМ интраоперационно отмечали значительную редукцию кровотока по АВМ и ее притокам, что значительно облегчало оперативное вмешательство. Установлено, что у 7 из 32 больных после трансвазального вмешательства АВМ не была полностью выключена из кровотока, несмотря на данные контрольной ангиографии, не выявившие заполнения сосудов АВМ. Это наблюдали при ювенильных, гломусных АВМ, перимедулярных фистулах. При микрохирургическом вмешательстве выявлены мелкие или крупные питающие сосуды, не выключенные из кровотока, которые ангиографически после трансвазальной облитерации не выявлялись. При эмболизации гнезда АВМ клеящими композициями также выявлена неполная его окклюзия. Часть гнезда или конгломерата была облитерирована, в то время как в других его участках наблюдали кровотоки. Микрохирургическое вмешательство заключалось в коагуляции дополнительных притоков и резекции гнезда. Часть гнезда, облитерированную клеящими композициями, обязательно удаляли, так как она вызывала масс-эффект и компримировала спинной мозг.

В наших наблюдениях эмболизацию перимедулярных фистул IVa типа обычно считали непоказанной, так как фистула кровоснабжалась из незначительно расширенной передней спинальной артерии. Эмболы обычно не достигали такой фистулы и могли окклюзировать нормальную спинномозговую артерию. Для лечения фистул такого типа мы применяли открытое хирургическое вмешательство. При лечении фистулы IV b-c типа использовали предварительную окклюзию ее притоков большими частицами или баллонами. Чаще всего окклюзия таких фистул удавалась путем введения по току крови эмболов, выпускае-

мых через катетер в проксимальных отделах питающей артерии.

Использование дифференцированного подхода к трансвазальной управляемой облитерации и микрохирургическим вмешательствам при спинальных сосудистых мальформациях было эффективным. При сравнении случаев, в которых применяли изолированные открытые вмешательства и комбинированное трансвазальное и микрохирургическое вмешательство, установлено, что использование комбинации методов уменьшает объем интраоперационной кровопотери, операционное время, а главное — способствует повышению радикальности и атравматичности удаления АВМ, особенно при резекции АВМ, содержащих гнездо.

Хороших результатов хирургического лечения, как правило, удавалось достичь у больных с неглубокой исходной неврологической симптоматикой и умеренным шунтированием крови в АВМ. Значительный или частичный регресс дооперационной неврологической симптоматики отмечен у 118 больных в течение 1—3 мес после хирургического вмешательства. У 24 пациентов исходная симптоматика осталась прежней. У 4 больных после резекции мальформации нижний парапарез углубился.

Контрольные диагностические исследования в послеоперационный период проведены у 126 больных. Они включали спинальную селективную ангиографию, магнитно-резонансную томографию (МРТ), МРТ-ангиографию. Ангиография и МРТ-ангиография не выявили наличия АВМ ни в одном из случаев. У 2 больных, которым проводили МРТ-ангиографию, обнаружены незначительные остаточные зоны с повышенным кровотоком. Повторные операции не выполняли.

### Выводы

Особенности структуры и гемодинамики спинальных сосудистых мальформаций играют решающую роль при выборе оптимальной тактики лечения спинальных АВМ. Для повышения эффективности лечения таких АВМ необходимо дальнейшее совершенствование и развитие как трансвазальных методов, так и микрохирургических вмешательств, уточнение показаний к ним с учетом вариантов ангиоархитектоники АВМ. В настоящее время наиболее безопасным и эффективным методом лечения спинальных АВМ является сочетание дооперационной трансвазальной облитерации притоков и гнезда АВМ с их микрохирургическим удалением.

### Литература

- Щеглов В.И., Громов Л.А., Шамаев М.И. и др. Результаты экспериментальных и патоморфологических исследований эмболизирующей композиции «Эмболин» // Укр. журн. малоінвазивної та ендоскопічної хірургії.— 1998.— Т 2, № 4.— С. 22—29.

- Anson J.A., Khayata M.H., Merland J.J. Spinal arteriovenous malformations: intravascular treatment // *Neurovascular surgery* / Ed. by L.P. Carter, R. F. Spetzler.— Hamilton, 1995.— P. 1213—1227.
- Bao Y., Ling F. Classification and therapeutic modalities of spinal vascular malformations in 80 patients // *Neurosurgery*.— 1997.— Vol. 40.— P. 75—81.

4. Biondi A., Merland J.J., Reizine D. et al. Embolization with particles in thoracic intramedullary arteriovenous malformations: Long-term angiographic and clinical results // *Radiology*.— 1990.— Vol. 177.— P. 651.
5. Casraneda-Zuniga W.R., Sanchez R., Amplatz K. Experimental observations on short and long-term effects of arterial occlusion with Ivalon // *Radiology*.— 1988.— Vol. 126.— P. 183.
6. Connolly E.S., Zubay G.P., McCormick P.C. et al. The posterior approach to a series of glomus (type ii) intramedullary spinal cord arteriovenous malformations // *Neurosurgery*.— 1998.— Vol. 42.— P. 774—786.
7. Hall W.A., Oldfield E.H., Doppman J.L. Recanalization of spinal arteriovenous malformations following embolization // *J. Neurosurg.*— 1989.— Vol. 70.— P. 714—720.
8. Horron J.A., Latchaw R.E., Gold L.H., Pang D. Embolization of intramedullary arteriovenous malformations of the spinal cord // *AJNR*.— 1986.— N 7.— P. 113—118.
9. Huffmann B.C., Gilsbach J.M., Thron A. Spinal dural arteriovenous fistulas: a plea for neurosurgical treatment // *Acta Neurochir.*— 1995.— Vol. 135 (1—2).— P. 44—51.
10. Hurst R.W., Bagley L.J., Marcotte P. et al. Spinal cord arteriovenous fistulas involving conus medullaris: presentation, management and embryologic considerations // *Surg. Neurology*.— 1999.— Vol. 52.— P. 95—99.
11. Lee T.T., Gromelski E.B., Bowen B.C. et al. Diagnostic and surgical management of spinal dural arteriovenous fistulas // *Neurosurgery*.— 1998.— Vol. 43.— P. 242—247.
12. Ling F., Bag Y., Zhang H., Wang D. Chinese experience in endovascular management of spinal cord vascular malformations // *Interv. Neuroradiol.*— 1999.— N 5.— P. 109—126.
13. Lundqvist C., Berthelsen B., Sullivan M. et al. Spinal arteriovenous malformations: Neurological aspects and results of embolization // *Acta Neurol. Scand.*— 1990.— Vol. 82.— P. 51—58.
14. Maarkert J.M., Chaandler W.F., Deveikis J.P., Ross D.A. Use of the extreme lateral approach in the surgical treatment of an intradural ventral cervical spinal cord vascular malformation: Technical case report // *Neurosurgery*.— 1996.— Vol. 38, N 2.
15. Martin N.A., Khanna R.K., Baizoof U. Posterolateral cervical or thoracic approach with spinal cord rotation for vascular malformations or tumors of the ventrolateral spinal cord // *J. Neurosurg.*— 1995.— Vol. 83.— P. 254—261.
16. Meisel H.J., Lasjaunias P., Brock M. Modern management of spinal and spinal cord vascular lesions // *Minim. Invasive Neurosurg.*— 1995.— Vol. 38 (4).— P. 138—145.
17. Merland J.J., Reizine D. Embolization techniques in the spinal cord // *Interventional Radiology*.— New York: Thieme Medical, 1990.— P. 433—442.
18. Merland J.J., Reizine D., Laurent A. et al. Embolization of spinal cord vascular lesions // *Interventional neuroradiology: endovascular therapy of the central nervous system* / Ed. by F. Vinuela.— New York: Raven Press, 1992.— P. 153—165.
19. Morgan M.K., Marsh W.R. Management of spinal dural arteriovenous malformations // *J. Neurosurg.*— 1989.— Vol. 70.— P. 832—836.
20. Mourier K.L., Gelbert F., Rey A. et al. Spinal dural arteriovenous malformations with perimedullary drainage. Indications and results of surgery in 30 cases // *Acta Neurochir. (Wien)*.— 1998.— Vol. 100.— P. 136.
21. Oldfield E., Doppman J. Spinal arteriovenous malformations // *Clin Neurosurg.*— 1988.— Vol. 34.— P. 161.
22. Riche M.C., Melki J.P., Merland J.J. Embolization of spinal cord vascular malformations via the anterior spinal artery // *AJNR*.— 1983.— N 4.— P. 378.
23. Riche M.C., Scialfa G., Gueguen B. et al. Giant extramedullary arteriovenous fistula supplied by the anterior spinal artery: treatment by detachable balloons // *AJNR*.— 1983.— N 4.— P. 391—394.
24. Rosenblum B., Oldfield E.H., Doppman J.L. et al. Spinal arteriovenous malformations: A comparison of dural arteriovenous fistulas and intradural AVM's in 81 patients // *J. Neurosurg.*— 1987.— Vol. 67.— P. 795.
25. Scialfa G., Scotti G., Biondi A. et al. Embolization of vascular malformations of the spinal cord // *J. Neurosurg. Sci.*— 1985.— Vol. 29.— P. 1—9.
26. Spetzler R.F., Zabramski J.M., Flom R.A. Management of juvenile spinal AVM's by embolization and operative excision: Case report // *Neurosurg.*— 1989.— Vol. 70.— P. 628.
27. Suh T.H., Alexander L. Vascular system of the human spinal cord // *Arch Neurol. Psychol.*— 1939.— Vol. 41.— P. 639—647.
28. Szajner M., Weill A., Piotin M., Moret J. Endovascular treatment of a cervical paraspinal arteriovenous malformation via arterial and venous approaches // *Am. J. Neuroradiol.*— 1999.— Vol. 20 (6).— P. 1097—1099.
29. Tadavarty S.M., Moller J.H., Amplatz K. Polyvinyl alcohol (Ivalon) — a new embolic material // *AJR*.— 1975.— Vol. 125.— P. 609—616.
30. Takahashi H., Morita A., Ishijima B. et al. [An infant case of spinal arteriovenous malformation with a large venous aneurysm] // *No Shinkei Geka*.— 1992.— Vol. 20 (4).— P. 509—514.
31. Thompson B.G., Oldfield E.H. Spinal vascular malformations // *Neurovascular surgery*.— New York: McGraw-Hill Inc.— P. 1167—1195.
32. Touho H., Karasawa J., Ohnishi H. et al. Superselective embolization of spinal Arteriovenous malformations using the tracker catheter // *Surg. Neurol.*— 1992.— Vol. 38.— P. 85—94.
33. Touho H., Karasawa J., Shishido H. et al. Successful excision of a juvenile-type spinal arteriovenous malformation following intraoperative embolization: Case report // *J. Neurosurg.*— 1991.— Vol. 75.— P. 647—651.
34. White R.I. Jr., Strandberg J.V., Gross G.S., Barth K.H. Therapeut embolization with long-term occluding agents and their effects on embolized tissues // *Radiology*.— 1977.— Vol. 123.— P. 677—687.

Є.І. СЛИНЬКО, В.О. ХОНДА, О.М. ХОНДА

## Диференційоване ендоваскулярне і мікрохірургічне лікування спінальних судинних мальформацій

**Мета** — розробити комбінований метод лікування спінальних артеріовенозних мальформацій (АВМ) та оцінити його ефективність.

**Матеріали і методи.** Проаналізовано серію випадків спінальних АВМ, в яких застосовано комбіновані методи лікування. У 148 хворих реєстрували такі спінальні мальформації: інтрамедулярні АВМ (гломусні чи ювенільні), інтрадуральні та дуральні артеріовенозні фістули. Лікування спінальних АВМ передбачало ендоваскулярні оклюзії та подальше відкрите мікрохірургічне втручання. Вивчали як безпосередні, так і віддалені результати лікування.

**Результати.** Більшість ювенільних, інтрамедулярних АВМ та інтрадуральних артеріовенозних фістул проліковано комбінованим методом. При інших типах АВМ застосовували лише мікрохірургічні втручання. Виявлено високу ефективність комбінованого втручання, збільшення радикальності виключення АВМ, зменшення об'єму інтраопераційної кровотечі. Серед методів ендоваскулярної оклюзії емболізація рідкими субстанціями є методом вибору.

**Висновки.** Успішність лікування спінальних АВМ залежить не лише від методу хірургічного втручання, а й від структури їх особливостей, ангіоархітектури, можливостей ендоваскулярного та мікрохірургічного втручання.

**Ключові слова:** спінальні мальформації, артеріовенозні мальформації, артеріовенозні фістули, лікування, методи.

Ye.I. SLYNKO, V.A. KHONDA, A.N. KHONDA

## Differentiated endovascular and microsurgical treatment of spinal vascular malformations

**Objective** – to set up the more efficient combined method of treatment of spinal vascular malformations and to analyse its efficiency.

**Methods and subjects.** AVM case series were studied. Spinal vascular malformations in 148 patients were reviewed and classified into intramedullary arteriovenous malformations (AVMs) (juvenile and glomus AVMs), intradural arteriovenous fistulas (AVFs), dural AVFs. Therapeutic alternatives to each type of spinal vascular malformations meant combination of endovascular embolization and following surgery. We analysed the short-term and long-term outcomes.

**Results.** Most of the juvenile AVMs and the types II and III AVFs were treated by endovascular embolization and following surgery. Other lesions were preferably treated by surgery only. Therapy was consistent and demonstrated the benefit of combined treatment. Specific endovascular embolization with a permanent liquid substance is the method of choice.

**Conclusions.** Successful treatment in each individual spinal vascular malformation requires correct understanding of the lesion's anatomic location and its angioarchitecture, as well as the limitations of both surgery and endovascular embolization.

**Key words:** spinal malformations, arteriovenous malformations, arteriovenous fistulas, treatment, methods.