

## ПРЕДОПЕРАЦИОННАЯ ЭМБОЛИЗАЦИЯ СОСУДОВ ОПУХОЛЕЙ ПОЗВОНОЧНИКА (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

А.А. Тарханов

Свердловский областной онкологический диспансер; Россия, 620036, Екатеринбург, ул. Соболева, 29.

Контакты: Тарханов Андрей Андреевич, andrey.tarkhanov@gmail.com

### Реферат

Представлено современное состояние методики предоперационной эмболизации опухолей позвоночника как эффективного способа снижения интраоперационной кровопотери. Описаны основные особенности сосудистой анатомии позвоночника и спинного мозга, современные показания и противопоказания к проведению данного вмешательства. Проанализирована актуальная литература и приведены результаты исследований, подтверждающие эффективность методики и наличие необходимости актуализации техники выполнения данной процедуры в соответствии с современными наработками в сфере создания новых эмболизирующих агентов. Обзор современной литературы свидетельствует об отсутствии единого мнения о роли трансартериальной эмболизации сосудов опухолей позвоночника в эффективности снижения объёма массивной интраоперационной кровопотери. В литературе нет сравнительного анализа эффективности использования различных эмболизационных агентов.

**Ключевые слова:** опухоли позвоночника, предоперационная эмболизация, жидкий эмболизирующий агент, интраоперационная кровопотеря, интервенционная радиология

**Для цитирования:** Тарханов А.А. Предоперационная эмболизация сосудов опухолей позвоночника (обзор литературы). Онкологический журнал: лучевая диагностика, лучевая терапия. 2023;6(3):49-57.

DOI: 10.37174/2587-7593-2023-6-3-49-57

### Введение

Первичные опухоли позвоночника — группа опухолей, которые берут своё начало из позвоночного столба (экстрадуральные). Напротив, метастазы злокачественных новообразований относят к вторичным опухолям, которые поражают различные отделы позвоночника, распространяясь гематогенным путем вне зависимости от удаленности первичного очага.

Популяционные статистические данные о частоте встречаемости и распределении опухолей спинного мозга и позвоночника практически отсутствуют [1, 2]. Данные заболевания чаще встречаются у пациентов среднего возраста, на который приходится до 83–88 % всех случаев [3]. Позвоночник — наиболее частая анатомическая зона для реализации костных метастазов, от 5 до 10 % онкологических больных сталкиваются с вовлечением в метастатический процесс элементов позвоночного столба за время заболевания [4, 5].

Метастазы в костях при раке молочной и предстательной желез от всех случаев метастазирования встречаются в 84 % случаев, при раке лёгкого — в 44 %, при раке почки — в 37 % [6]. В процентном соотношении от всех случаев метастазирования в позвоночный столб в поясничном отделе позвоночника метастазы определяют у 15–30 % пациентов, в шейном отделе — у 10–18 %, но наиболее уязвимым для метастатического поражения является грудной отдел, который пора-

жается у 60–80 % больных в развернутой стадии онкологического процесса [7–10].

Поражение элементов позвоночного столба первичными и вторичными опухолями часто приводит к механической нестабильности; боли, имеющей тенденцию к прогрессированию и невозможности медикаментозного купирования; неврологическим осложнениям, таким как радикулопатии, компрессионные миелопатии, парезы, парестезии, нарушение функции и контроля тазовых органов. Спинальные опухоли зачастую значительно затрудняют самообслуживание и снижают качество жизни пациентов.

Ввиду того, что системная химиотерапия в большинстве случаев обладает ограниченной эффективностью, лучевая терапия и хирургия находят наибольшее применение в лечении спинальных опухолей. Большинство онкологов используют лучевую терапию как терапию первой линии у данной группы пациентов. К хирургии обычно прибегают у пациентов с радиорезистентными опухолями (такими как саркома и метастазы почечно-клеточного рака) или в случаях формирования нестабильности. Хирургические вмешательства также выполняются и при прогрессирующем течении заболевания, усугублении неврологической симптоматики, признаках компрессии спинного мозга [11].

Среди несомненных причин неблагоприятного исхода при оперативном лечении необходи-

мо отметить часто встречающуюся массивную интраоперационную кровопотерю, вызванную повреждением магистральных артерий, вторичными нарушениями системы гемостаза и приводящую к необходимости проведения заместительной гемотранфузионной терапии, а также к тяжелым осложнениям [12, 13]. Массивная интраоперационная кровопотеря чаще встречается при метастазах рака почки, миеломной болезни, метастазах гепатоцеллюлярной карциномы, саркомах костной и соединительной ткани, почти всегда при наличии гиперваскулярного мягкотканого компонента опухоли [14]. Почти две трети спинальных метастазов являются гиперваскулярными. Несмотря на большое количество рекомендаций и протоколов, проблема возмещения острой кровопотери и на сегодня остаётся предметом многочисленных дискуссий [15]. Практика показывает, что при оперативном вмешательстве по поводу метастатического поражения позвоночника средний объем кровопотери составляет 3800–4500 мл, а в случае хирургии метастазов почечно-клеточного рака возможна катастрофическая потеря крови до 6500–8000 мл [12–19].

Предоперационная эмболизация сосудов опухолей позвоночника значительно снижает интраоперационную кровопотерю, облегчает выполнение и сокращает время хирургического вмешательства [19]. Эмболизация сосудов опухолей позвоночника может использоваться и с паллиативной целью: для уменьшения болевого синдрома и снижения выраженности неврологических проявлений у пациентов с нерезектабельными опухолями и, вероятно, способна несколько замедлить рост опухоли.

### Сосудистая анатомия

Вдоль передней и задней поверхностей спинного мозга проходят продольные цепи артериальных стволов, образующих передний и задние спинальные тракты, связанные между собой поперечными анастомозами. Передний артериальный тракт спинного мозга представлен передней спинномозговой артерией, задний — задними и заднелатеральными спинномозговыми артериями. Несмотря на принципиальную схожесть организации артериальной системы всех отделов спинного мозга, формирование сосудистых трактов происходит из разных бассейнов в зависимости от уровня [20, 21].

В шейном отделе спинного мозга формирование переднего артериального тракта происходит из бассейнов позвоночных артерий. На уровне продолговатого мозга эти артерии отдают две ветви в дистальном направлении. Они проходят в передней срединной щели спинного мозга и на уровне С2–С3 сливаются в переднюю спинномоз-

говую артерию. Задние спинномозговые артерии шейного отдела берут начало также от позвоночных артерий и располагаются вдоль заднего спинномозгового канатика.

В грудном и поясничном отделах формирование обоих трактов происходит из задних ветвей межрёберных и поясничных артерий, которые являются ветвями нисходящего грудного и брюшного отделов аорты. Их спинномозговые ветви входят в позвоночный канал через межпозвоночные отверстия вместе со спинномозговыми нервами. Пройдя твердую мозговую оболочку, они делятся на передние и задние корешковые артерии. В среднем у взрослого человека в данном отделе насчитывается 4–8 передних корешковых артерий диаметром 1,0–2,0 мм, формирующих передний артериальный тракт, и от 18 до 22 задних по 0,2–0,5 мм, из которых образуются задние тракты и поперечные анастомозы [20, 21]. Наибольшую роль в кровоснабжении играют 2–3 передние корешковые артерии, обеспечивая кровью грудной и 1/3–2/3 поясничного и крестцового отделов спинного мозга.

На уровне каждого спинального сегмента парные корешковые артерии кровоснабжают позвонок, нервный корешок и спинной мозг. Эти артерии входят в дуральный мешок через межпозвоночное отверстие, отдают дуральные и радикуломедуллярные артерии, поставляющие кровь в переднюю спинальную артерию (ПСА), и радикулопальные ветви, кровоснабжающие бассейн задней спинальной артерии (ЗСА). Нормальное артериальное кровоснабжение спинного мозга осуществляется через одну переднюю спинальную артерию и парные задние спинальные артерии [5]. ПСА проходит по вентральной поверхности спинного мозга. ПСА формируется в наиболее краниальной точке (на уровне продолговатого мозга) из пары артерий, берущих начало от дистальных спинальных артерий. Дополнительный вклад в кровоснабжение, помимо ПСА, вносят радикуломедуллярные артерии на различных уровнях, наиболее выдающимися из которых являются артерия Лазорта на уровне шейного утолщения, типичное отхождение которой обнаруживается на уровне С5–6, и большая передняя корешковая (радикуломедуллярная) артерия, которая известна как артерия Адамкевича. ПСА на уровне шейного утолщения и в нижнем грудном регионе более выражена в виду повышенных метаболических нужд, что напрямую связано с большим количеством серого вещества на данных уровнях (рис. 1).

Артерия Адамкевича — крупная радикуломедуллярная артерия в тораколюмбальном регионе, кровоснабжает нижние грудные и верхние поясничные сегменты [22]. Артерия визуально легко узнаваема на субтракционной ангиографии по

резкому развороту из краниального направления в каудальное на уровне приближения и впадения в ПСА, который внешне напоминает заколку-невидимку. У 75 % людей большая радикуломедуллярная артерия берет начало на уровнях Th9–Th12, чаще слева [21]. Когда характерная артерия обнаруживается выше уровня Th8 или ниже уровня L2, необходимо помнить о возможной дублирующей большой радикуломедуллярной артерии. В ретроспективном исследовании ангиографий 178 пациентов, у 48 % пациентов было обнаружено две артерии Адамкевича, кровоснабжающих тораколюмбальный регион; каудальный сосуд обнаруживали на уровне Th12 или ниже, а краниальный между Th6 и Th10. У 45 % пациентов источником кровоснабжения служила единственная артерия Адамкевича, которая чаще всего имела начало на уровне Th9. В 7 % случаев тораколюмбальный регион питался тремя большими радикуломедуллярными артериями [23].

Задние спинальные артерии (ЗСА) — парные продольные артерии, расположенные вдоль дорзальной поверхности спинного мозга. Они образуются из слияния множественных радикулопиальных артерий, а также нескольких соединительных ветвей. Нельзя не обратить внимание на дополнительную сосудистую сеть пиальных сосудов на поверхности спинного мозга, соединяющую бассейны ПСА и ЗСА, но она, как правило, не обладает достаточным объемом для обеспечения полноценного коллатерального кровотока в случаях окклюзии основных питающих артерий. ПСА типично отвечает за обеспечение передних 2/3 спинного мозга артериальной кровью, тогда как территорией ЗСА остается задняя треть (рис. 2).

На шейном уровне позвоночника кровоснабжение спинного мозга так же осуществляется за счет коллатерального кровотока из восходящих и глубоких артерий шеи, которые отходят от щитовидного и реберношейного стволов. Несмотря на то, что эти артерии типично кровоснабжают задние группы мышц шеи, они могут отдавать ветви к ПСА и ЗСА. На грудном уровне корешковые артерии верхних грудных сегментов берут начало от верхних межреберных артерий и ветвей реберно шейного ствола из бассейна подключичной артерии, и кровоснабжают сегменты Th1–Th3. От сегмента Th4 и ниже артериальная кровь поступает из парных межреберных артерий напрямую от грудной аорты. Тела позвонков кровоснабжаются питающими артериями, которые формируются из парных спинальных артерий на дорзальной поверхности тела позвонка, а затем входят в него в средней части (рис. 3).

На каждом уровне присутствуют множественные мелкие периферические периостальные ветви вдоль поверхности тела позвонка, которые кровоснабжают трети боковых и передних объемов тела позвонка. В дополнение, существуют более мелкие, метафизические ветви, кровоснабжающие соответствующие участки тел позвонков.

Венозный отток от тел позвонков осуществляется через базивертебральные вены, которые образуются в дорзальной половине тела позвонка и затем впадают во внутрипозвоночную венозную сеть. Эта бесклапанная система имеет богатую связующую продольную сеть между венами прилежащих уровней, а также соединяется с краниальными дуральными венозными синусами на уровне большого затылочного отверстия. Вены тела позвонка имеют соединительные вет-



Рис. 1. Ангиограмма артерий Лазорта (слева — непрерывная стрелка) и Адамкевича (справа — пунктирная стрелка)

Fig. 1. Angiogram of the Lasort arteries (left — continuous arrow) and Adamkiewicz arteries (right — dotted arrow)



Рисунки из книги Kim DH et al. Tumors of the spine. Elsevier Science, 2008 и личного архива автора

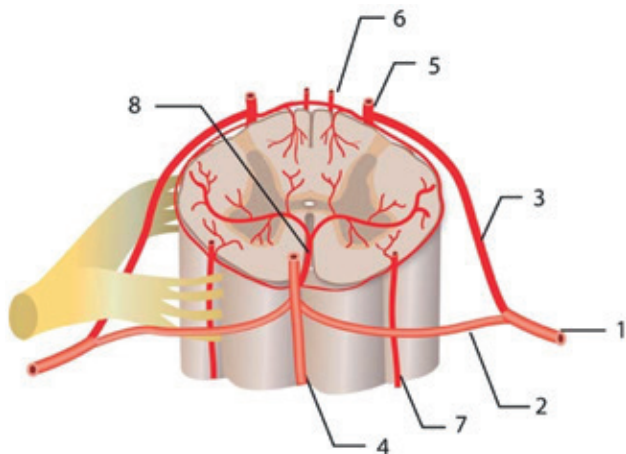


Рис. 2. Изображение поверхностной артериальной сети спинного мозга. 1 — корешковая артерия; 2 — адикуломедуллярная ветвь; 3 — радикулопиальная ветвь; 4 — ПСА; 5 — ЗСА; 6, 7 — окружающее артериальное сплетение; 8 — сулькокомиссуральная ветвь

Fig. 2. Image of the superficial arterial network of the spinal cord. 1 — Radicular artery; 2 — Radiculomedullary branch; 3 — Radiculopial branch; 4 — Anterior spinal artery; 5 — Posterior spinal artery; 6, 7 — Surrounding arterial plexus; 8 — Sulcocommissural branch

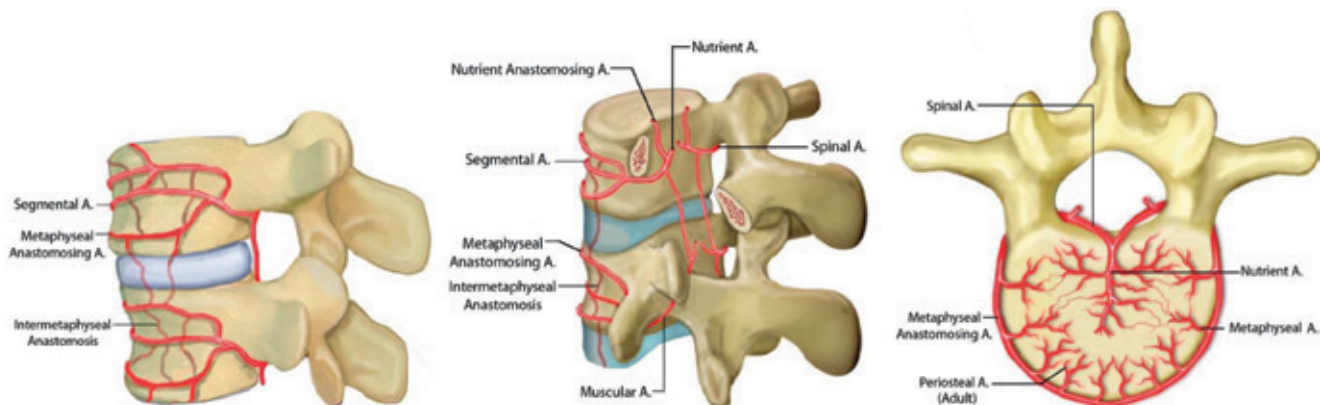


Рис. 3. Артериальное кровоснабжение тела позвонка и межпозвоночные анастомозы. Латеральное, заднее косое и аксиальное изображения демонстрируют артериальную анатомию позвоночного столба

Fig. 3. The arterial blood supply to the vertebral body and intervertebral anastomoses. Lateral, posterior oblique, and axial images show the arterial anatomy of the vertebral column

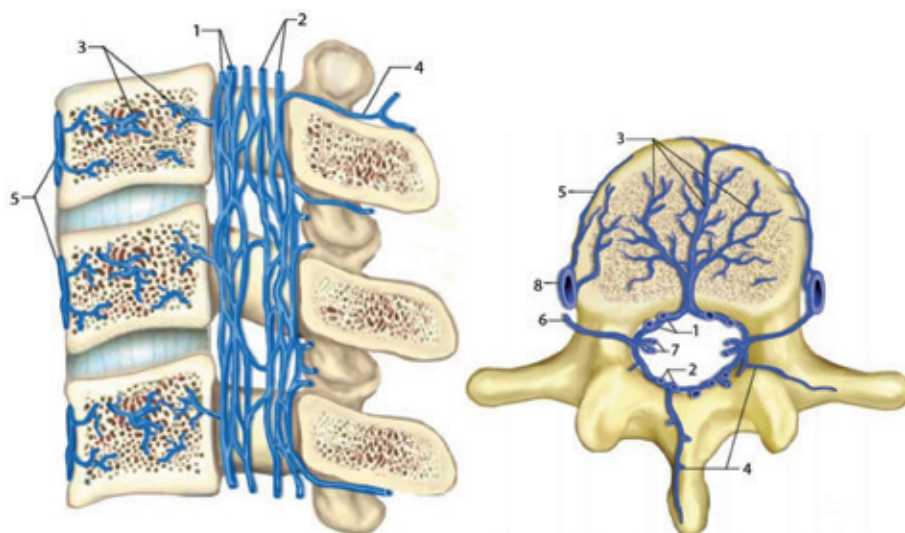


Рис. 4. Анатомия вен тел позвонков. Латеральное в разрезе и аксиальное изображения демонстрируют анатомию вен тела поясничного позвонка: 1 — переднее внутреннее позвоночное венозное сплетение; 2 — заднее внутреннее позвоночное венозное сплетение; 3 — базивертебральные венозные сплетения; 4 — заднее наружное венозное сплетение; 5 — переднее наружное венозное сплетение; 6 — внутрипозвоночная вена; 7 — радикулярные вены; 8 — восходящая поясничная вена

Fig. 4. Anatomy of vertebral body veins. The lateral section and axial images show the anatomy of the lumbar vertebral body veins: 1 — anterior internal vertebral venous plexus; 2 — posterior internal vertebral venous plexus; 3 — basivertebral venous plexuses; 4 — posterior external venous plexus; 5 — anterior external venous plexus; 6 — intravertebral vein; 7 — radicular veins; 8 — ascending lumbar vein

ви с передней наружной позвоночной венозной сетью (рис. 4).

### **Хирургические методы лечения болевых с опухолями позвоночника**

Хирургическое лечение должно проводиться по результатам консилиума с использованием мультидисциплинарного командного подхода. Выбор варианта резекции зависит от синтеза множества параметров, таких как биология опухоли, точное анатомическое расположение очага поражения, общее состояние пациента и предполагаемая продолжительность жизни пациента при данном опухолевом заболевании.

Традиционно показания к открытой операции включают:

- нестабильность позвоночника вследствие костной деструкции;
- прогрессирующий неврологический дефицит;
- растущая радиорезистентная опухоль;
- необходимость открытой биопсии;
- боль, некупируемая другими видами лечения.

Достижения хирургии при резекции и стабилизации позвонков и улучшение выживаемости с помощью различных специфических противоопухолевых методов лечения расширили показания к хирургическому вмешательству при опухолях позвоночника. Сегодня конечной целью должна быть «широкая» и предпочтительно блоковая резекция первичной опухоли в сочетании с реконструкцией позвоночника, позволяющей обеспечить раннюю мобилизацию.

Задняя декомпрессивная ламинэктомия, которая была единственной хирургической операцией в арсенале хирургов до середины 1980-х, по данным литературы не имела значимых преимуществ над радиотерапией при оценке снижения степени неврологического дефицита и контроля болевого синдрома [20]. Однако, когда в середине 1980-х в нейрохирургическую практику прочно вошла операция переднего доступа с корпор/вертебрэктомией, сопровождаемая реконструкцией и стабилизацией, было доказано, что полное удаление тела позвонка и круговая декомпрессия спинного мозга дает лучшие результаты чем задняя ламинэктомия [5, 24].

По данным мировой литературы, интраоперационная кровопотеря у пациентов, которым выполнено хирургическое вмешательство по поводу метастатического поражения позвоночника без предоперационной эмболизации, составляет порядка 3800–4500 мл, а в случае метастазов почечно-клеточного рака, возможна катастрофическая потеря крови — 6500–8000 мл (описаны случаи интраоперационной кровопотери до 15000–18000 мл [13, 14, 16, 17, 25]).

### **Трансартериальная эмболизация при опухолях позвоночника**

Трансартериальная эмболизация спинальных опухолей впервые была описана Benati et al в 1974 г. [12]. С момента выполнения первой зафиксированной эмболизации аутологичным сгустком [26] разнообразие доступных эмболизирующих агентов быстро увеличивалось с течением времени, и возникла необходимость в сравнении их эффективности.

Поиск литературы по теме эмболизации сосудов спинальных опухолей дал 185 ссылок на исследования, из которых 86 (47 %) были исключены на основании аннотации: не было доступа к полнотекстовому варианту, либо исследования были описаниями случаев. Девяносто девять потенциально приемлемых исследований прошли полнотекстовый обзор, и 37 (20 %) соответствовали критериям включения: оригинальные исследования, исследования с участием 10 и более пациентов (за исключением ONYX из-за нехватки данных), эмболизация через внутрисосудистый доступ, а не прямая пункция, а также наличие данных об использованном эмболизационном агенте. Все 37 включенных исследований были ретроспективными и рассматривались как данные уровня доказательности 3. Совокупное число пациентов во включенных исследованиях составило 1305.

В тридцати шести (97,3 %) исследованиях сообщалось о типе эмболизированной опухоли. На спинальные метастазы опухолей пришлось 74,1 % случаев, а на первичные спинальные новообразования — оставшиеся 25,9 %. Метастазы почечно-клеточной карциномы (ПМК) представляли собой наиболее распространенную группу составляя 41,4 % всех случаев. В 30 (81,1 %) исследованиях сообщалось об эмболизации сосудов метастазов ПМК с частотой 47,4 %.

О степени эмболизации сообщалось в 28 (75,7 %) исследованиях. Полная или почти полная деваскуляризация (80 % уменьшение опухолевого контрастирования) произошло в 692 из 956 (72,4 %) случаев.

Частота полной эмболизации в недавно опубликованных исследованиях по сравнению с более ранними исследованиями не изменилась для всех видов опухолей.

Партикулярные эмболизаты на основе поливинилового спирта (ПВА) и желатина (микрочастицы и микросферы) были наиболее часто используемыми эмболизационными агентами. Партикулярные эмболизаты использовались либо отдельно, либо в комбинации с другими агентами в 70,3 и 48 % исследований соответственно. Жидкие эмболизаты, включая сополимер этилен-винил алкохоля (ONYX) или n-бутил-2-цианоакрилат, использовались в 27 и 16,2 %

исследований соответственно. Описанных в литературе случаев использования жидкой гидрофобной смеси сополимеров (PHIL) нами найдено не было, за исключением отдельных тезисов за авторством Tarkhanov et al. Отделяемые спирали использовались в качестве вспомогательного средства в 64,9 % исследований для предотвращения нецелевой эмболизации.

В 16 (43,2 %) исследованиях использовался только один эмболизационный агент с или без использования вспомогательных спиралей. ПБА (43,8 %) был наиболее часто используемым единственным агентом, за ним следовали ONYX (37,5 %) и эмболизирующие агенты на основе желатиновой губки (18,7 %).

14 (37,8 %) исследований представили данные об интраоперационной кровопотере, степени эмболизации, и эмболизационном агенте.

ПБА и ONYX были связаны с сопоставимыми показателями интраоперационной кровопотери и частотой полной эмболизации [5, 6, 18, 19, 21, 29, 33–36, 40].

17 (45,9 %) исследований содержали информацию об ожидаемой кровопотере и использовании спиралей в дополнение к основному эмболизационному агенту. Использование спиралей было связано с большей ожидаемой кровопотерей во всех опухолях [15–19, 27–36]. В 15 (40,5 %) исследованиях сообщалось о степени эмболизации и использовании дополнительных спиралей. Частота полной эмболизации не отличалась при использовании дополнительных спиралей или без них.

В 32 (86,5 %) исследованиях сообщалось о выполнении 1051 операции после предоперационной эмболизации. Тип операции был указан в 23 (62,2 %) исследованиях. Корпэктомия с дорсальной декомпрессией или без нее, со спондилодезом и фиксацией или без них была выполнена 479 (55,9 %) пациентам. Были прооперированы 378 (44,1 %) пациентов в объеме дорсальной декомпрессии с или без фиксации и спондилодеза.

В 14 (37,8 %) исследованиях, включавших пациентов, лечившихся с помощью корпэктомии, сообщалось об объеме интраоперационной кровопотери. Опухоли, в лечении которых применялось более одного эмболизационного агента, были связаны с большей ожидаемой кровопотерей.

В 35 (94,6 %) исследованиях сообщалось об осложнениях, связанных с процедурой эмболизации. Из них в 20 (57,1 %) исследованиях осложнений после процедуры не было.

В остальных 15 (42,9 %) исследованиях было зарегистрировано 37 связанных с процедурой осложнений, из которых 6 (16,2 %) были отнесены к категории «постоянных», а 31 (83,8 %) — к пре-

ходящим или бессимптомным. Общая частота осложнений составила 3,1 %.

Провокационное тестирование перед эмболизацией путем введения анестезирующих средств или временной механической окклюзии сосуда проводилось в 8 (21,6 %) исследованиях. В 6 (16,2 %) исследованиях провокационное тестирование не применялось, а в 23 (62,2 %) исследованиях о нем не сообщалось.

В более поздних публикациях цифры интраоперационной кровопотери после предоперационной эмболизации существенно ниже, чем в ранних работах. Эта тенденция прослеживается для всех опухолей, в том числе и метастазов почечно-клеточного рака в позвоночнике. Частота полной эмболизации, однако, не изменилась, что указывает на то, что наблюдаемое в более современной литературе снижение кровопотери может быть скорее отражением изменившихся парадигм лечения пациентов с опухолями позвоночника, включая более совершенные аппаратные средства фиксации позвоночника (транспедикулярные винты), смягченные хирургические цели (например, субтотальная резекция с последующей лучевой терапией), минимально инвазивные методы и улучшенную лучевую терапию, а не только достижениями в эндоваскулярных технологиях.

К сожалению, определить их относительный вклад и скорректировать различия в характеристиках пациентов и опухолей невозможно из-за непоследовательной и неполной отчетности. Что касается хирургических устройств, то чаще всего сообщалось о дорсолатеральной фиксации и спондилодезе с помощью транспедикулярных винтов. Фиксация с помощью крючков и проволоки, традиционно ассоциирующаяся с повышенной кровопотерей, не упоминалась ни в одном из включенных исследований; следует отметить, что не во всех исследованиях сообщалось о технике фиксации.

Лучевая терапия при опухолях позвоночника также прогрессировала в течение последних двух десятилетий, предоставляя новые возможности воздействия на остаточную опухоль. Это изменило восприятие хирургов в отношении агрессивности хирургической резекции, что потенциально могло привести к снижению кровопотери. Ни в одном из включенных исследований не сообщалось об использовании минимально инвазивных методов хирургии позвоночника. Снижение кровопотери в современной хирургии опухолей позвоночника носит многогранный характер; вероятно, причиной этого является сочетание усовершенствованной хирургической техники, лучевой терапии и достижений в области эмболизации.



В целом, эмболизационные агенты в виде твердых частиц использовались чаще, чем жидкие композиции в течение изученного периода времени. Частицы накапливаются в капиллярном русле опухоли и вызывают деваскуляризацию, достаточную для хирургической резекции [32–44]; С 2008 г. всё возрастающее применение находит жидкое эмболизирующее вещество ONYX. ONYX вводится медленнее и в течение более длительного периода времени, что теоретически приводит к лучшему проникновению в опухоль. Эта теория подтверждается сообщениями о лучшем проникновении агента в ткань при воздействии на сосудистые мальформации [40, 45–48, 52]. Поскольку об использовании ONYX в данных показаниях стало известно только в последней литературе, его роль еще предстоит определить. Так же в литературе полностью отсутствует упоминание использования наиболее современного полимерного эмболизирующего агента PHIL для предоперационной эмболизации сосудов спинальных опухолей.

Дополнительное использование спиралей для окклюзии проксимальной части нецелевой артерии в попытке достичь преимущественного притока крови к опухоли было связано с большей кровопотерей [49–52]. Окклюзия нецелевой артерии с помощью спиралей может быть необходима при невозможности проведения суперселективной катетеризации [14, 40, 46] и может быть заменой более технически сложной процедурой. Однако частота полной эмболизации не отличалась между сосудами, эмболизированными с помощью дополнительных спиралей или без них. Из-за ограниченных данных, представленных в отдельных исследованиях, невозможно оценить влияние различных размеров частиц ПВА. Частицы ПВА среднего размера 150–250 мкм считаются благоприятными для окклюзии капиллярного русла, поскольку диаметр опухолевых капилляров составляет около 200 мкм [14, 57]. В случаях, когда присутствует анастомоз с нормальной сосудистой сетью спинного мозга, используются более крупные частицы (> 250 мкм) для снижения риска ишемии спинного мозга.

Интервал между эмболизацией и последующей операцией был коротким (обычно < 72 ч) и сопоставимым в подавляющем большинстве исследований, что ограничивает возможность сравнения долговечности эффекта различных эмболических агентов. Считается, что частицы желатиновой губки обычно обладают более преходящим эффектом по сравнению с другими агентами [57].

Частота осложнений, связанных с процедурой эмболизации, была поразительно низкой.

Почти в 60 % исследований было указано, что не было ни одного осложнения, связанного с процедурой. Общий уровень осложнений в исследованиях, в которых сообщалось об осложнениях, составил около 3 %. Значительное количество осложнений и смертность, связанные с последующей резекцией опухоли [57, 58], которые не могут быть отнесены к процедуре эмболизации, не учитывались.

В дополнение к бдительному ангиографическому поиску сопутствующего или коллатерального кровоснабжения спинного мозга артерией, питающей опухоль, для снижения риска нецелевой эмболизации рекомендовано проведение провокационных тестов с клиническим или электрофизиологическим мониторингом [59]. Учитывая низкий уровень осложнений и общее небольшое количество исследований с применением провокационных тестов, корреляцию оценить не удалось.

## Выводы

Обзор современной литературы свидетельствует об отсутствии единого мнения о роли трансартериальной эмболизации опухолей позвоночника в эффективности снижения объема массивной интраоперационной кровопотери. Сообщения иностранных специалистов, в основном касаются частных случаев, выполненных на небольшом клиническом материале. В отечественной хирургии отсутствуют необходимые статистические данные клинических исследований по использованию эндоваскулярных вмешательств в лечении пациентов с опухолевым поражением позвоночника. Кроме того, нет сравнительного анализа при использовании различных эмболизационных агентов.

## Список литературы / References

1. Bilsky MH, Boland PJ, Panageas KS, et al. Intralesional resection of primary and metastatic sarcoma involving the spine: outcome analysis of 59 patients. *Neurosurgery*. 2001 Dec;49(6):1277–86; discussion 1286–7. DOI: 10.1097/00006123-200112000-00001.
2. Bergh P, Kindblom LG, Gunterberg B, et al. Prognostic factors in chordoma of the sacrum and mobile spine: a study of 39 patients. *Cancer*. 2000 May 1;88(9):2122–34. DOI: 10.1002/(sici)1097-0142(20000501)88:9<2122::aid-cnrcr19>3.0.co;2-1.
3. Rosemberg S, Fujiwara D. Epidemiology of pediatric tumors of the nervous system according to the WHO 2000 classification: a report of 1,195 cases from a single institution. *Childs Nerv Syst*. 2005 Nov;21(11):940–4. DOI: 10.1007/s00381-005-1181-x.
4. Давыдов МИ, Алиев МД, Чарчян ЭР и др. Удаление хордомы заднего средостения с резекцией дуги и нисходящего отдела аорты, грудного отдела пищевода и верхней доли левого легкого в условиях левопредсердно-аортального шунта. *Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова*. 2014;(12):5661. [Davydov MI, Aliev MD, Charchian ER, et al. Removal of the posterior mediastinum chordoma with resection of aortic arch and descending aorta, thoracic es-

- ophagus and the upper lobe of the left lung under left atrial-aortic bypass. Pirogov Journal of Surgery 2014 (12):5661. (In Russian)].
5. Walsh GL, Gokaslan ZL, McCutcheon IE, et al. Anterior approaches to the thoracic spine in patients with cancer: Indications and results. *Ann Thorac Surg.* 1997;64:1611-8. DOI: 10.1016/s0003-4975(97)01034-5.
  6. Aaron AD. The management of cancer metastatic to bone. *JAMA.* 1994 Oct 19;272(15):1206-9. PMID: 7933350.
  7. Surawicz TS, McCarthy BJ, Kupelian V, et al. Descriptive epidemiology of primary brain and CNS tumors: results from the Central Brain Tumor Registry of the United States, 1990-1994. *Neuro Oncol.* 1999 Jan;1(1):14-25. DOI: 10.1093/neuonc/1.1.14.
  8. Johannesen TB, Angell-Andersen E, Tretli S, et al. Trends in incidence of brain and central nervous system tumors in Norway, 1970-1999. *Neuroepidemiology.* 2004 May-Jun;23(3):101-9. DOI: 10.1159/000075952.
  9. Katagiri H, Takahashi M, Wakai K, et al. Prognostic factors and a scoring system for patients with skeletal metastasis. *J Bone Joint Surg Br.* 2005;87(5):698-703. DOI: 10.1302/0301-620X.87B5.15185.
  10. Rades D, Veninga T, Stalpers LJ, et al. Improved posttreatment functional outcome is associated with better survival in patients irradiated for metastatic spinal cord compression. *Int J Radiat Oncol Biol Phys.* 2007 Apr 1;67(5):1506-9. DOI: 10.1016/j.ijrobp.2006.11.029.
  11. Patil CG, Lad SP, Santarelli J, et al. National inpatient complications and outcomes after surgery for spinal metastasis from 1993-2002. *Cancer.* 2007;110:625-30. DOI: 10.1002/cncr.22819.
  12. Benati A, Dalle Ore G, Da Pian R, et al. Transfemoral selective embolisation in the treatment of some cranial and vertebro-spinal vascular malformations and tumours. Preliminary results. *J Neurosurg Sci.* 1974 Oct-Dec;18(4):233-8. PMID: 4377573.
  13. Boudghene F, Zyllberstein C, Breittmayer F, et al. Preoperative embolization of vertebral tumors: assessment in a retrospective study of 20 cases. *Cardiovasc Intervent Radiol.* 1994;17: (Suppl 2). DOI: 10.1007/s002709900165.
  14. Berkefeld J, Scale D, Kirchner J, et al. Hypervascular spinal tumor influence of the embolization technique on perioperative hemorrhage. *AJNR Am J Neuroradiol.* 1999;20:757-63. PMID: PMC7056167.
  15. Galasko CSB, Norris HE, Crank S. Spinal instability secondary to metastatic cancer. *Curr Concepts Rev J Bone Jt Surg (Am)* 2000;82:570-6. DOI: 10.2106/00004623-200004000-00012.
  16. Manke C, Bretschneider R, Lenhart M, et al. Spinal metastases from renal cell carcinoma: effect of preoperative particle embolization on intraoperative blood loss. *AJNR Am J Neuroradiol.* 2001;22:997-1003. PMID: PMC8174929.
  17. O'Donoghue DS, Howell A, Walls J. Orthopaedic management of structurally significant bone disease in breast cancer metastases. *British Orthopaedic Association; 2011 [guidelines].*
  18. Eastley N, Newey M, Ashford RU. Skeletal metastases — The role of the orthopaedic and spinal surgeon. *Surgical Oncology* 21. 2012. pp. 216-22 DOI: 10.1016/j.suronc.2012.04.001.
  19. Kato S, Murakami H, Minami T, et al. Preoperative embolization significantly decreases intraoperative blood loss during palliative surgery for spinal metastasis. *Orthopedics.* 2012;35: 1389-95 DOI: 10.3928/01477447-20120822-27.
  20. Constans JP, de Divitiis E, Donzelli R, et al. Spinal metastases with neurological manifestations. Review of 600 cases. *J Neurosurg.* 1983 Jul;59(1):111-8. DOI: 10.3171/jns.1983.59.1.0111.
  21. Berenstein A, Lasjaunias P, TerBrugge KG: Spinal cord arteries, in *Surgical Neuroangiography*, vol 1. Clinical Vascular Anatomy and Variations. Berlin, Springer, 2001, pp 116-39.
  22. Carmichael SW, Głowiczki P. Anatomy of the blood supply to the spinal cord: The artery of Adamkiewicz revisited. *Perspect Vasc Surg Endovasc Ther.* 1999;12:113-22, DOI: 10.1615/JLongTermEffMedImplants.2022038879.
  23. Bert S, Iyriboz AT, Barret F, et al. Etude angiographique de la vascularisation médullaire à l'étage dorso-lombaire [An angiographic study of spinal vascularization at the thoracic-lumbar level]. *J Neuroradiol.* 1995 Mar;22(1):12-9. French. PMID: 7707130.
  24. Klimo P, Thompson CJ, Kestle JRW, et al: A meta-analysis of surgery versus conventional radiotherapy for the treatment of metastatic spinal epidural disease. *Neurooncology.* 2005;7:64-76, DOI: 10.1215/S1152851704000262.
  25. Olerud C, Jónsson H, Löfberg A, et al. Embolization of spinal metastases reduces perioperative blood loss. 21 patients operated on for renal cell carcinoma. *Acta Orthop Scand.* 1993;64:9-12. DOI: 10.3109/17453679308994517.
  26. Rösch J, Dotter CT, Brown MJ. Selective arterial embolization. A new method for control of acute gastrointestinal bleeding. *Radiology.* 1972 Feb;102(2):303-6. DOI: 10.1148/102.2.303.
  27. Houten JK, Swiggett SJ, Hadid B, et al. Neurologic complications of preoperative embolization of spinal metastases: a systemic review of the literature identifying distinct mechanisms of injury. *World Neurosurg.* 2020;143:374-88. DOI: 10.1016/j.wneu.2020.08.006.
  28. Ptashnikov D, Zaborovskii N, Mikhaylov D, et al. Preoperative embolization versus local hemostatic agents in surgery of hyper-vascular spinal tumors. *Int J Spine Surg.* 2014;8. DOI: 10.14444/1033.
  29. Nair S, Gobin YP, Leng LZ, et al. Preoperative embolization of hypervascular thoracic, lumbar, and sacral spinal column tumors: technique and outcomes from a single center. *Interv Neuroradiol.* 2013;19:377-85. DOI: 10.1177/159101991301900317.
  30. Vaidya S, Tozer KR, Chen J. An overview of embolic agents. *Semin Interv Radiol.* 2008;25:204-15. DOI: 10.1055/s-0028-1085930.
  31. Prabhu VC, Bilsky MH, Jambhekar K, et al. Results of preoperative embolization for metastatic spinal neoplasms. *J Neurosurg.* 2003;98(2 suppl):156-64. DOI: 10.3171/spi.2003.98.2.0156.
  32. Gellad FE, Sadato N, Numaguchi Y, et al. Vascular metastatic lesions of the spine: preoperative embolization. *Radiology.* 1990;176:683-6. DOI: 10.1148/radiology.176.3.2389026.
  33. Sundaresan N, Choi IS, Hughes JE, et al. Treatment of spinal metastases from kidney cancer by presurgical embolization and resection. *J Neurosurg.* 1990;73:548-54. DOI: 10.3171/jns.1990.73.4.0548.
  34. Smith TP, Gray L, Weinstein JN, et al. Preoperative transarterial embolization of spinal column neoplasms. *J Vasc Interv Radiol.* 1995;6:863-9. DOI: 10.1016/s1051-0443(95)71204-0.
  35. Vetter SC, Strecker EP, Ackermann LW, et al. Preoperative embolization of cervical spine tumors. *Cardiovasc Intervent Radiol.* 1997;20:343-7. DOI: 10.1007/s002709900165.
  36. Rangel-Castilla L, Shah AH, Klucznik RP, et al. Preoperative Onyx embolization of hypervascular head, neck, and spinal tumors: experience with 100 consecutive cases from a single tertiary center. *J Neurointerventional Surg.* 2014;6:51-6. DOI: 10.1136/neurintsurg-2012-010542.
  37. Chacón-Quesada T, Rodríguez GJ, Maud A, et al. Transarterial Onyx embolization of a functional thoracic paragang-



- glioma. *Neurointervention*. 2015;10:34-8. DOI: 10.5469/neuroint.2015.10.1.34.
38. Qiao Z, Jia N, He Q. Does preoperative trans-arterial embolization decrease blood loss during spine tumor surgery? *Interv Neuroradiol*. 2015;21:129-35. DOI: 10.15274/inr-2014-10091.
  39. Wirbel RJ, Roth R, Schulte M, et al. Preoperative embolization in spinal and pelvic metastases. *J Orthop Sci*. 2005;10:253-7. DOI: 10.1007/s00776-005-0900-1.
  40. Hurley MC, Gross BA, Surdell D, et al. Preoperative Onyx embolization of aggressive vertebral hemangiomas. *AJNR Am J Neuroradiol*. 2008;29:1095-7. DOI: 10.3174/ajnr.A1010.
  41. Elhammady MS, Wolfe SQ, Ashour R, et al. Safety and efficacy of vascular tumor embolization using Onyx: is angiographic devascularization sufficient? *J Neurosurg*. 2010;112:1039-45. DOI: 10.3171/2009.7.JNS09351.
  42. Wilson MA, Cooke DL, Ghodke B, et al. Retrospective analysis of preoperative embolization of spinal tumors. *AJNR Am J Neuroradiol*. 2010;31:656-60. DOI: 10.3174/ajnr.A1899.
  43. Santillan A, Zink W, Lavi E, et al. Endovascular embolization of cervical hemangiopericytoma with Onyx-18: case report and review of the literature. *J Neurointerventional Surg*. 2011;3:304-7. DOI: 10.1136/jnis.2010.003756.
  44. Schmidt R, Rupp-Heim G, Dammann F, et al. Surgical therapy of vertebral metastases. Are there predictive parameters for intra-operative excessive blood loss despite preoperative embolization? *Tumori*. 2011;97:66-73. DOI: 10.1177/030089161109700113.
  45. Kobayashi K, Ozkan E, Tam A, et al. Preoperative embolization of spinal tumors: variables affecting intraoperative blood loss after embolization. *Acta Radiol*. 2012;53: 935-42. DOI: 10.1258/ar.2012.120314.
  46. Chen Y, Yan Z, Wang J, et al. Transarterial chemoembolization for pain relief in patients with hypervascular painful metastatic spinal tumors refractory to percutaneous vertebroplasty. *J Cancer Res Clin Oncol*. 2013;139:1343-8. DOI: 10.1007/s00432-013-1445-x.
  47. Ghobrial GM, Chalouhi N, Harrop J, et al. Preoperative spinal tumor embolization: an institutional experience with Onyx. *Clin Neurol Neurosurg*. 2013;115:2457-63. DOI: 10.1016/j.clineuro.2013.09.033.
  48. Quraishi NA, Purushothamdas S, Manoharan SR, et al. Outcome of embolised vascular metastatic renal cell tumours causing spinal cord compression. *Eur Spine J*. 2013; 22 (suppl 1):S27-S32. DOI: 10.1007/s00586-012-2648-6.
  49. Sedora-Roman NI, Gross BA, Reddy AS, et al. Intra-arterial Onyx embolization of vertebral body lesions. *J Cerebrovasc Endovasc Neurosurg*. 2013;15:320-5. DOI: 10.7461/jcen.2013.15.4.320.
  50. Thiex R, Harris MB, Sides C, et al. The role of preoperative transarterial embolization in spinal tumors. A large single-center experience. *Spine J*. 2013;13:141-249. DOI: 10.1016/j.spinee.2012.10.031.
  51. Grandhi R, Hunnicutt CT, Harrison G, et al. Comparing angiographic devascularization with histologic penetration after preoperative tumor embolization with Onyx: what indicates an effective procedure? *J Neurol Surg A Cent Eur Neurosurg*. 2015;76:309-17. DOI: 10.1055/s-0034-1394191.
  52. Ladner TR, He L, Lakomkin N, et al. Minimizing bleeding complications in spinal tumor surgery with pre-operative Onyx embolization via dual-lumen balloon catheter. *J Neurointerventional Surg*. 2016;8:210-5. DOI: 10.1136/neurintsurg-2014-011505.
  53. Shi HB, Suh DC, Lee HK, et al. Preoperative transarterial embolization of spinal tumor: embolization techniques and results. *AJNR Am J Neuroradiol*. 1999;20:2009-15. PMID: PMC7657800.
  54. Vrionis FD, Small J. Surgical management of metastatic spinal neoplasms. *Neurosurg Focus*. 2003;15 DOI: 10.3171/foc.2003.15.5.12.
  55. Guzman R, Dubach-Schwizer S, Heini P, et al. Preoperative transarterial embolization of vertebral metastases. *Eur Spine J*. 2005;14:263-8. DOI: 10.1007/s00586-004-0757-6.
- Финансирование.** Исследование проведено без спонсорской поддержки.
- Financing.** The study had no sponsorship.
- Сведения об авторе**
- Тарханов Андрей Андреевич — интервенционный онколог, заведующий отделения РХМДиЛ.

## INTERVENTIONAL RADIOLOGY

**Preoperative Vascular Embolization of Spinal Tumors (Literature Review)**

A.A. Tarkhanov

Sverdlovsk Regional Oncology Center, 29, Soboleva St., Ekaterinburg, Russia 620036; andrey.tarkhanov@gmail.com

**Abstract**

The article presents the current use of preoperative embolization of spinal tumors as an effective approach to reduce intraoperative blood loss. The main features of the vascular anatomy of the spine and spinal cord, current indications and contraindications for this intervention are described. The up-to-date literature is analyzed and the results of studies confirming the effectiveness of the technique and the need to update the technique of this procedure in accordance with the latest developments in the field of new embolizing agents are presented. A review of the current literature indicates that there is no consensus on the role of transarterial embolization of spinal tumor vessels in reducing the volume of massive intraoperative blood loss. There is no comparative analysis of the effectiveness of different embolization agents in the literature.

**Key words:** spinal tumors, preoperative embolization, liquid embolic agents, intraoperative bloodloss

**For citation:** Tarkhanov AA. Preoperative Vascular Embolization of Spinal Tumors (Literature Review). *Journal of Oncology: Diagnostic Radiology and Radiotherapy*. 2023;6(3):49-57. (In Russian).

DOI: 10.37174/2587-7593-2023-6-2-49-57

**Information about the author:**

Tarkhanov A.A. <http://orcid.org/000-0002-9584-0859>