

## Интраоперационная видеоангиография в хирургии интрамедуллярных кавернозных мальформаций спинного мозга: первый опыт использования в ФГАУ «Национальный медицинский исследовательский центр нейрохирургии им. акад. Н.Н. Бурденко»

© Н.А. КОНОВАЛОВ, А.Г. НАЗАРЕНКО, Д.С. АСЮТИН, Р.А. ОНОПРИЕНКО, М.А. ШУЛЬЦ, В.А. КОРОЛИШИН, С.В. КАПРОВОЙ, Е.С. БРИНЮК, Б.А. ЗАКИРОВ, С.Ю. ТИМОНИН, А.Л. ПОГОСЯН

ФГАУ «Национальный медицинский исследовательский центр нейрохирургии им. акад. Н.Н. Бурденко» Минздрава России, Москва, Россия

### РЕЗЮМЕ

Интрамедуллярные кавернозные мальформации (КМ) спинного мозга являются редкой сосудистой патологией центральной нервной системы. В общей структуре патологии спинного мозга они составляют 3—5%. Клиническая картина у пациентов с КМ варьируется от бессимптомного течения до выраженного неврологического дефицита в случае кровоизлияния. Ввиду отсутствия точных методов прогнозирования кровоизлияния необходимость хирургического лечения пациентов с бессимптомным течением КМ остается актуальной и открытой для дискуссии темой. Целью хирургического лечения КМ является минимизация риска повторных кровоизлияний и формирования неврологического дефицита. Интраоперационная видеоангиография с использованием индоцианина зеленого представляет собой перспективный метод интраоперационной визуализации размеров и зоны прилегания КМ к ткани спинного мозга. Применение данного метода позволяет увеличить радикальность удаления КМ и минимизировать риск интраоперационных и послеоперационных осложнений.

*Ключевые слова:* кавернозные мальформации спинного мозга, интрамедуллярные опухоли спинного мозга, видеоангиография, индоцианин зеленый.

### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ:

Коновалов Н.А. — <https://orcid.org/0000-0002-9976-948X>  
Назаренко А.Г. — <https://orcid.org/0000-0003-1314-2887>  
Асютин Д.С. — <https://orcid.org/0000-0002-0015-1488>  
Шульц М.А. — к.м.н., <https://orcid.org/0000-0002-1727-5102>;  
Капровой С.В. — <https://orcid.org/0000-0002-8813-2793>  
Закиров Б.А. — <https://orcid.org/0000-0002-8782-850X>, e-mail: [bzakirov@nsi.ru](mailto:bzakirov@nsi.ru);  
Погосян А.Л. — <https://orcid.org/0000-0003-1696-4050>;  
Автор, ответственный за переписку: Закиров Б.А. — e-mail: [bzakirov@nsi.ru](mailto:bzakirov@nsi.ru)

### КАК ЦИТИРОВАТЬ:

Коновалов Н.А., Назаренко А.Г., Асютин Д.С., Оноприенко Р.А., Шульц М.А., Королишин В.А., Капровой С.В., Бринюк Е.С., Закиров Б.А., Тимонин С.Ю., Погосян А.Л. Интраоперационная видеоангиография в хирургии интрамедуллярных кавернозных мальформаций спинного мозга: первый опыт использования в ФГАУ «Национальный медицинский исследовательский центр нейрохирургии им. акад. Н.Н. Бурденко». *Вопросы нейрохирургии имени Н.Н. Бурденко*. 2019;83(6):58–63. <https://doi.org/10.17116/neiro20198306158>

## Intraoperative video angiography in surgery for spinal intramedullary cavernous malformations: first experience of its application at the Burdenko Neurosurgical Center

© N.A. KONOVALOV, A.G. NAZARENKO, D.S. ASYUTIN, R.A. ONOPRIENKO, M.A. SCHUL'TS, V.A. KOROLISHIN, S.V. KAPROVOY, E.S. BRINYUK, B.A. ZAKIROV, S.YU. TIMONIN, A.L. POGOSYAN

Burdenko Neurosurgical Center, Moscow, Russia

### ABSTRACT

Spinal intramedullary cavernous malformations are a rare vascular pathology of the central nervous system. They account for 3—5% of spinal cord diseases. The clinical picture in patients with cavernous malformations varies from an asymptomatic course to gross neurological deficit in the case of bleeding from a malformation. Due to the lack of reliable methods for predicting the development of bleeding, the need for surgical treatment of asymptomatic patients remains a relevant and open topic for discussion. The goal of surgical treatment of cavernous malformations is to minimize the risk of repeated hemorrhages and gross neurological deficits in patients. Intraoperative indocyanine green video angiography is a promising technique for intraoperative visualization of the size and adherence area of a cavernous malformation to the spinal cord tissue. This increases the radicality of cavernous malformation resection and minimizes intraoperative risks for the patient.

*Keywords:* spinal cavernous malformation, intramedullary spinal tumor, video angiography, green indocyanine.

## INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:

Kononov N.A. — <https://orcid.org/0000-0002-9976-948X>

Nazarenko A.G. — <https://orcid.org/0000-0003-1314-2887>

Asyutin D.S. — <https://orcid.org/0000-0002-0015-1488>

Schul'ts M.A. — <https://orcid.org/0000-0002-1727-5102>

Kaprovoy S.V. — <https://orcid.org/0000-0002-8813-2793>

Zakirov B.A. — <https://orcid.org/0000-0002-8782-850X>; e-mail: bzakirov@nsi.ru

Pogosyan A.L. — <https://orcid.org/0000-0003-1696-4050>

Corresponding author: Zakirov B.A. — e-mail: bzakirov@nsi.ru

## TO CITE THIS ARTICLE:

Kononov NA, Nazarenko AG, Asyutin DS, Onoprienko RA, Schul'ts MA, Korolishin VA, Kaprovoy SV, Brinyuk ES, Zakirov BA, Timonin SYu, Pogoyan AL. Intraoperative video angiography in surgery for spinal intramedullary cavernous malformations: first experience of its application at the Burdenko Neurosurgical Center. *Burdenko's Journal of Neurosurgery = Zhurnal voprosy neirokhirurgii imeni N.N. Burdenko*. 2019;83(6):58-63. (In Russ.). <https://doi.org/10.17116/neiro20198306158>

## Список сокращений

АВМ — артериовенозная мальформация

КМ — кавернозная мальформация

МРТ — магнитно-резонансная томография

ОНСК — острое нарушение спинального кровообращения

ЦНС — центральная нервная система

## Введение

Кавернозные мальформации (КМ) спинного мозга являются одним из вариантов сосудистой патологии центральной нервной системы (ЦНС) [1–4]. В структуре спинальной патологии интрамедуллярные КМ встречаются редко — в 3–5% случаев, а их частота среди КМ ЦНС составляет 5–8%. КМ чаще выявляются у женщин (2:1), а клинические проявления заболевания, как правило, возникают в возрасте 30–60 лет. Наиболее точным методом диагностики КМ как проявившихся клинически, так и бессимптомных, служит магнитно-резонансная томография (МРТ) [1–4].

Необходимость хирургического лечения пациентов с проявляющимися клинически и бессимптомными каверномами до сих пор остается предметом дискуссии. Это связано с наличием противоречивых данных о риске развития кровоизлияний и отсутствии точных методов прогнозирования течения заболевания [1–4].

Показано, что в случае выполнения операции по удалению КМ спинного мозга, которое, в силу локализации, сопряжено с высоким риском появления или нарастания неврологических симптомов, интраоперационная видеоангиография с индоцианином зеленым позволяет облегчить интраоперационную локализацию мальформации до выполнения миелотомии и оценить наличие резидуальной ткани мальформации после ее удаления. Это позволяет увеличить радикальность удаления мальформации с минимизацией риска осложнений [5, 6].

В статье представлен случай первого использования интраоперационной видеоангиографии в ФГАУ «Национальный медицинский исследовательский центр нейрохирургии им. ак. Н.Н. Бурденко» при хирургическом лечении пациента с интрамедуллярной КМ на уровне  $C_{II}$ — $C_{III}$  позвонков.

## Клинический случай

Пациент М., 51 года, госпитализирован в «Национальный медицинский исследовательский центр нейрохирургии им. ак. Н.Н. Бурденко» для планового хирургического лечения с диагнозом: интрамедуллярное объемное образование со следами кровоизлияния на уровне  $C_{II}$ — $C_{III}$  позвонков. На момент госпитализации предъявлял жалобы на «мышечный спазм» в правой половине тела, слабость в правых конечностях, нарушение чувствительности в левой половине тела.

Из анамнеза известно, что в 1997 г. госпитализирован по месту жительства с диагнозом: острое нарушение спинального кровообращения (ОНСК) по геморрагическому типу с развитием правостороннего гемипареза, неясного генеза. Симптоматика полностью регрессировала через год. В 2013 г. перенес повторное ОНСК по геморрагическому типу с формированием клинической картины синдрома Броун—Секара. При повторном обследовании поставлен диагноз: артериовенозная мальформация (АВМ) шейного отдела спинного мозга.

На представленных МРТ шейного отдела спинного мозга и позвоночника в режимах T1 и T2 ВИ определялось интрамедуллярное объемное образование на уровне  $C_{II}$ — $C_{III}$  позвонков, ячеистой гетерогенной структуры, с зоной пониженного сигнала по периферии, соответствующей участкам отложения гемосидерина. Образование по МР-признакам соответствовало КМ вентролатеральной локализации (рис. 1).

На момент госпитализации в неврологическом статусе определялся правосторонний синдром Броун—Секара с уровня  $C_{II}$ — $C_{IV}$  сегментов спинного мозга. При оценке по шкале McCormick — 3, по шкале Frankel — D.

Учитывая два кровоизлияния в анамнезе, высокий риск возникновения повторного кровотечения

с последующим нарастанием неврологического дефицита, расположение КМ в ткани спинного мозга и отсутствие соматических противопоказаний к проведению хирургического лечения, приняли решение об удалении образования с использованием интраоперационного нейрофизиологического мониторинга и видеоангиографической навигации с индоцианином зеленым.

### Описание операции

Оперативное вмешательство проводили в положении пациента на животе в условиях общей анестезии, с использованием интраоперационного нейрофизиологического мониторинга вызванных моторных потенциалов с мышц верхних и нижних конечностей. Выполнена ламинэктомия на уровне  $C_{II}$ — $C_{III}$  позвонков. После вскрытия дуральной оболочки на дорсолатеральной поверхности спинного мозга слева выявлена интра-экстремедуллярная КМ с минимальным экзофитным компонентом и наличием гипертрофированной венозной сети.

С целью прецизионного удаления КМ под контролем микроскопа (Naag-Streit Surgical, Германия) произведена интраоперационная ангиография препаратом индоцианин зеленый (Santen OY, Финляндия) (0,3 мг на 1 кг массы тела). Контрастное вещество разведено в 8 мл стерильного 0,9% раствора натрия хлорида. Одномоментно вводилось по 3 мл раствора. При исследовании, состоящем из последовательно идущих артериальной, капиллярной, венозной и «после венозной» фаз общей продолжительностью около 5 мин, произведена оценка положения КМ и питающих сосудов (рис. 2).

Выполнена срединная миелотомия краниальнее и каудальнее КМ, выделены и прокоагулированы питающие сосуды, ткань мозга разведена и фиксирована на лигатурах за пиальную оболочку. Мальформация частично тупо, частично остро препарирована в пределах плоскости глиоза между каверновой и тканью спинного мозга, удалена единым блоком с сохранением всех близлежащих сосудистых сплетений. Весь материал отправлен на гистологическое исследование (рис. 3).

При контрольной интраоперационной ангиографии после удаления КМ не выявлены патологические сосуды в области операции (рис. 4). Выполнен гемостаз ложа, твердая мозговая оболочка ушита непрерывным швом. Послойное ушивание раны.

Во время удаления КМ отмечалось снижение амплитуды моторных ответов с мышц ног: справа на 70—80% от исходного уровня, слева на 30—40% от исходного уровня. Снижения амплитуды моторных ответов с мышц рук не было. На момент окончания оперативного вмешательства зарегистрированы отчетливые моторные ответы от всех конечностей.

Послеоперационный период протекал без осложнений. Нарастания неврологического дефекта не было. Пациент активизирован в 1-е сутки после оперативного вмешательства. Длительность госпитализации составила 7 сут. На момент выписки общее состояние удовлетворительное, в неврологическом статусе сохраняется правосторонний гемипарез до 4 баллов по шкале MRC, чувствительные нарушения (снижена глубокая чувствительность справа и поверхностная слева) с уровня  $C_{III}$  сегмента. По оценочным шкалам McCormick — 2, Frankel — E.

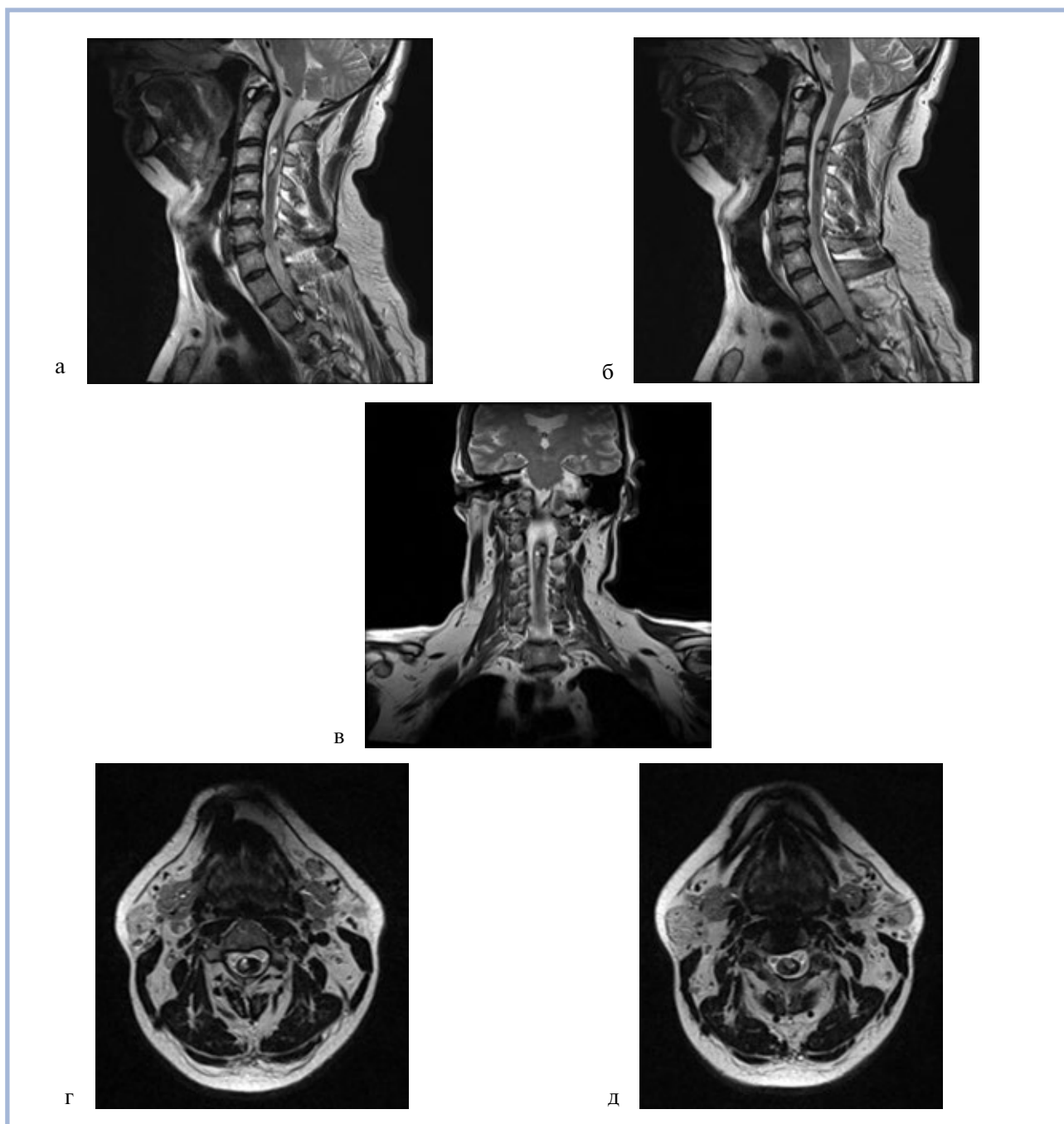
### Обсуждение

Индоцианин зеленый представляет собой темно-зеленый водорастворимый диагностический краситель, впервые одобренный FDA в 1956 г. для оценки функции печени и сердечно-сосудистой системы. В данный момент индоцианин зеленый применяется в нефрологии, офтальмологии, онкологии и множестве других отраслей медицины [7].

В нейрохирургической практике видеоангиография с индоцианином зеленым впервые описана А. Raabe и соавт. [7] в 2003 г. применительно к хирургии интракраниальных аневризм, а затем стала популярна в других областях невровазкулярной хирургии, а также нашла свое применение в нейроонкологии, нейроэндоскопии и с целью оценки перфузии головного мозга.

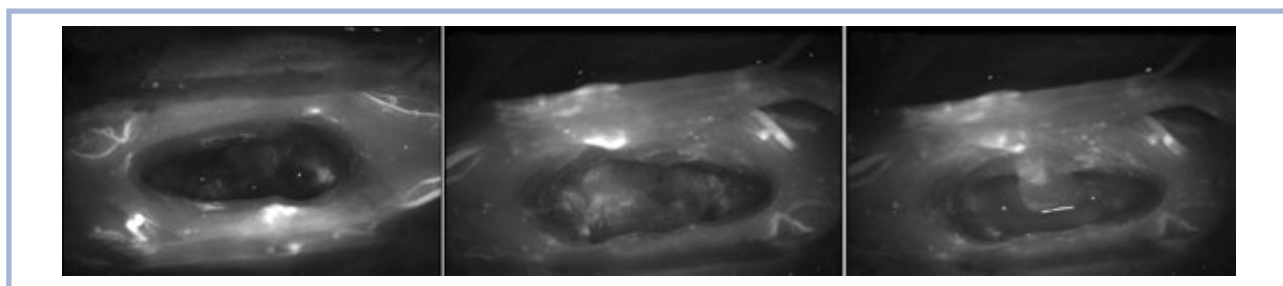
В хирургии интрамедуллярных КМ спинного мозга использование видеоангиографии с индоцианином зеленым впервые описано японским нейрохирургом Т. Endo и соавт. [5] в 2013 г. В своей статье он описывает 8 случаев удаления интрамедуллярных каверном с применением видеоангиографии. Во всех случаях выполнено тотальное удаление образований с сохранением близлежащих вен. Авторы показали эффективность метода видеоангиографии, при этом подчеркнули, что КМ, представляя собой большей частью полости, заполненные кровью на разных стадиях распада, не визуализируется при введении индоцианина зеленого внутривенно и выглядит как бессосудистая зона. Авторы утверждают, что применение препарата дает возможность оценить размеры и зону прилегания каверномы к веществу спинного мозга. При неполном удалении резидуальная ткань образования визуализируется как бессосудистая зона в ложе каверномы. Т. Endo и соавт. показали, что применение интраоперационной видеоангиографии позволяет увеличить радикальность удаления и минимизировать частоту повторных кровотечений из остатков мальформации [5, 8].

Представленный нами случай использования видеоангиографии в хирургии интрамедуллярных кавернозных мальформаций подтверждает эти данные. К настоящему времени нами прооперировано еще 5 пациентов с использованием видеоангиографии.



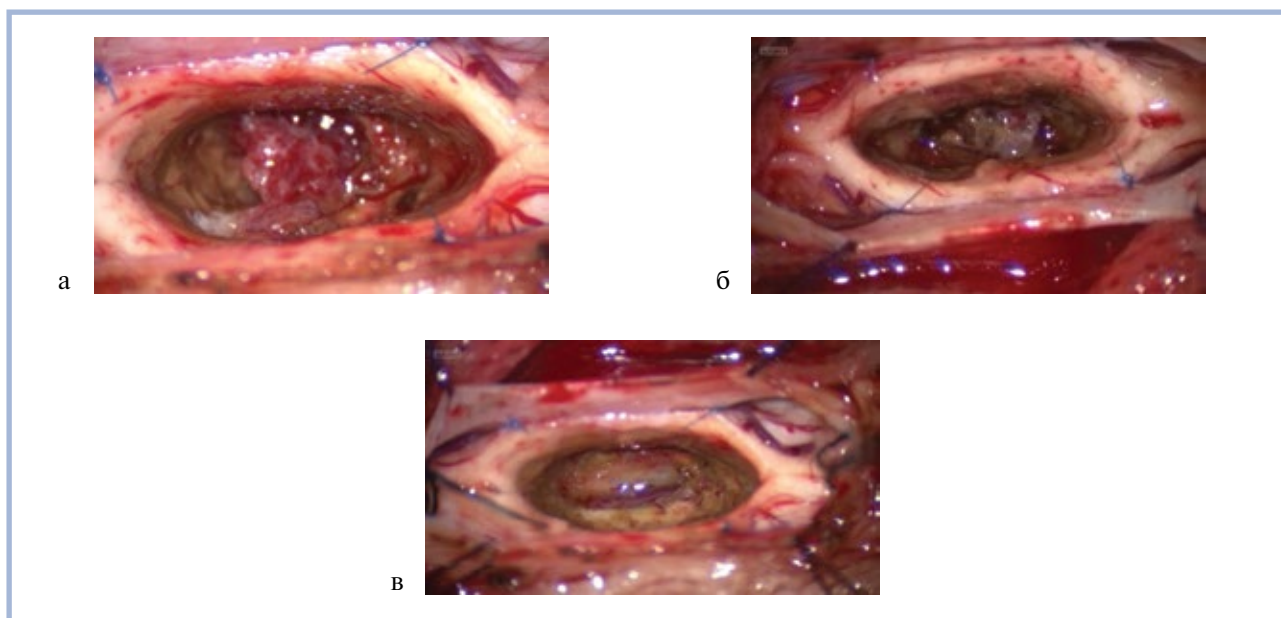
**Рис. 1.** МРТ шейного отдела позвоночника и спинного мозга, T2 ВИ в 3 проекциях.

а, б — сагиттальная; в — коронарная; г, д — аксиальная. Картина интрамедуллярного объемного образования на уровне  $C_{II}-C_{IV}$  позвонков. Образование имеет гетерогенную ячеистую структуру с признаками отложения гемосидерина по периферии, типичную для кавернозной мальформации спинного мозга.



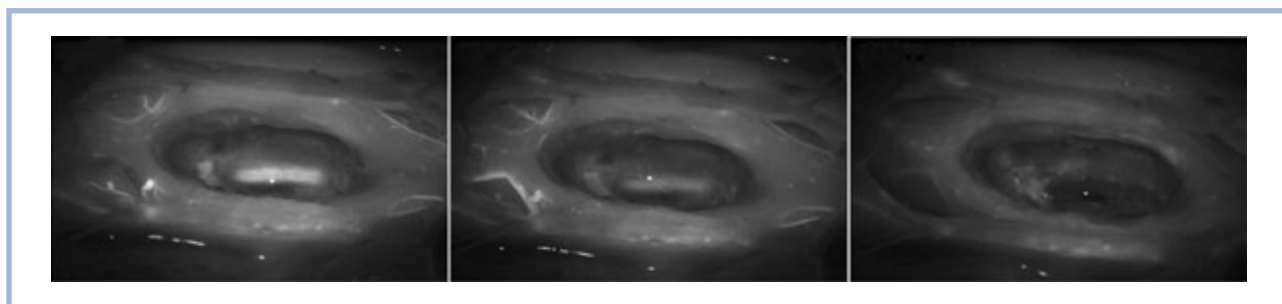
**Рис. 2.** Интраоперационная ангиография препаратом индоцианин зеленый.

Визуализируется бессосудистая зона, соответствующая локализации кавернозной мальформации.



**Рис. 3. Интраоперационная картина.**

а — выполнена срединная миелотомия; б — в полости центрального канала спинного мозга визуализируется кавернозная мальформация с характерными для кровотока признаками глиоза ткани спинного мозга в области локализации объемного образования; в — ложе после удаления кавернозной мальформации.



**Рис. 4. Интраоперационный контроль ложа удаленной кавернозной мальформации без признаков резидуальной ткани.**

В глубине ложа визуализируется передняя спинальная артерия.

Во всех 5 случаях произведено радикальное удаление объемного образования с сохранением венозных сосудов.

## Заключение

Интраоперационная видеоангиография с индоцианином зеленым представляет собой перспектив-

ный метод улучшения качества лечения пациентов с интрамедуллярными кавернозными мальформациями спинного мозга. Данный метод позволяет увеличить радикальность удаления образования, одновременно снижая риск интраоперационных и послеоперационных осложнений.

**Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.  
The authors declare no conflict of interest.**

## ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Белоусова О.Б., Коновалов А.Н., Гаврюшин А.В., Голанов А.В., Окишев Д.Н., Сазонова О.Б., Хухлаева Е.А., Шишкина Л.В. *Кавернозные мальформации центральной нервной системы*. М.: Антидор; 2014. Belousova OB, Konovalov AN, Gavryushin AV, Golanov AV, Okishev DN, Sazonova OB, Khukhlaeva EA, Shishkina LV. *Kavernoznye mal'formacii central'noj nervnoj sistemy*. M.: Antidor, 2014. (In Russ.).
2. Белоусова О.Б., Коновалов А.Н., Окишев Д.Н., Сазонова О.Б., Шамов А.Ю. Наследственные каверномы головного мозга: анализ 12 семей. *Вопросы нейрохирургии им. Н.Н. Бурденко*. 2011;4:34-45. Belousova OB, Konovalov AN, Okishev DN, Sazonova OB, Shamov AYU. Hereditary brain cavernomas: analysis of 12 families. *Voprosy neurokhirurgii imeni N.N. Burdenko*. 2011;4:34-45. (In Russ.).

3. Aoyama TK, Hida, Houkin K. Intramedullary cavernous angiomas of the spinal cord: clinical characteristics of 13 lesions. *Neurologia Medico-Chirurgica*. 2011;51(8):561-566.
4. Babu R, Owens TR, Karikari IO, Moreno J, Cummings TJ, Gottfried ON, Bagley CA. Spinal cavernous and capillary hemangiomas in adults. *Spine*. 2013;38(7):E423-E430. <https://doi.org/10.1097/BRS.0b013e318287fef7>
5. Endo T, Aizawa-Kohama M, Nagamatsu K, Murakami K, Takahashi A, Tomimaga T. Use of microscope-integrated near-infrared indocyanine green videoangiography in the surgical treatment of intramedullary cavernous malformations: report of 8 cases. *Journal of Neurosurgery: Spine*. 2013;18(5):443-449. <https://doi.org/10.3171/2013.1.SPINE12482>
6. Clark AJ, Wang DD, Lawton MT. Spinal cavernous malformations. *Handbook of Clinical Neurology*. 2017;143:303-308. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-63640-9.00030-8>
7. Scerrati A, Della Pepa GM, Conforti G, Sabatino G, Puca A, Albanese A, Maira G, Marchese E, Esposito G. Indocyanine green video-angiography in neurosurgery: a glance beyond vascular applications. *Clinical Neurology and Neurosurgery*. 2014;124:106-113. <https://doi.org/10.1016/j.clineuro.2014.06.032>
8. Anson JA, Spetzler RF. Surgical resection of intramedullary spinal cord cavernous malformations. *Journal of Neurosurgery*. 1993;78(3):446-451.

Поступила 04.06.19

Received 04.06.19

### Комментарий

Хирургическое лечение кавернозных мальформаций спинного мозга относится к одному из самых сложных разделов спинальной нейрохирургии. Это связано как с трудностью принятия решения в отношении операции, особенно у больных с минимальными симптомами поражения спинного мозга или с их отсутствием, так и с высоким риском ухудшения неврологического статуса после операции. Тем не менее опыт лечения больных с этой патологией показывает, что при хирургическом лечении функциональные исходы все же лучше, чем при выжидательной тактике, особенно в случае повторных кровоизлияний из каверном. В этой связи необходим поиск максимально щадящих методов хирургического вмешательства, что достигается, в том числе и с помощью различных вспомогательных методик.

Применение интраоперационной ангиографии с индоцианидом зеленым при удалении каверном спинного мозга пока не нашло широкого применения. Тем не менее немногочисленные работы на эту тему свидетельствуют о пользе интраоперационной ангиографии, которая дает возможность оценить участие артерий в кровоснабжении мальформаций и, что еще более важно, состояние окружающих вен. Имеющийся у авторов опыт показывает, что метод не приводит к развитию каких-либо осложнений. В этой связи начатую авторами работу по применению интраоперационной ангиографии с индоцианидом следует продолжить, и, возможно, при накоплении достаточного материала сопоставить с результатами удаления спинальных каверном с применением других интраоперационных методик.

О.Б. Белоусова (Москва)

### Комментарий

Авторами представлен первый опыт использования видеоангиографии в хирургии неразрывавшейся каверномы спинного мозга. Патология редкая, но очень опасная в случае разрыва каверномы. Поэтому удаление такого образования в от-

сутствие разрыва с использованием интраоперационной видеоангиографии позволит повысить надежность, безопасность и радикальность. Считаю полезным внедрить данную методику в хирургию сосудистых заболеваний спинного мозга.

А.А. Гринь (Москва)