

ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ НЕЙРОВИЗУАЛИЗАЦИИ И ТРЕХМЕРНОГО НАВЕДЕНИЯ ВО ВРЕМЯ РЕНТГЕНЭНДОВАСКУЛЯРНЫХ ЛЕЧЕБНЫХ ВМЕШАТЕЛЬСТВ

Гегенава Б.Б.

Лауреат Премии молодым ученым имени Ю.Н. Соколова за научную работу по лучевой диагностике Конгресса «Радиология – 2016»

Проблема лечения сосудистых заболеваний головного мозга – интракраниальных аневризм (ИА) и артериовенозных мальформаций (АВМ) – имеет важное медико-социальное значение.

ГБУЗ МО МОНИКИ им. М.Ф. Владимирского. г. Москва, Россия.

Цель исследования. Оценить возможности и преимущества использования технологии трехмерного наведения для эндоваскулярной эмболизации интракраниальных аневризм и артериовенозных мальформаций.

Материалы и методы. За период с 2010 г. до 2013 г. в отделении ангиографии рентгенологического отдела МОНИКИ было произведено 103 лечебных вмешательства у 90 пациентов с ИА и АВМ. Во время вмешательств, для проведения эндоваскулярного инструментария по церебральным сосудам и катетеризации полости интракраниальных аневризм и артерий, питающих АВМ, применялась технология трехмерного наведения (3D-roadmapping).

Результаты. Эндоваскулярная эмболизация с применением методики 3D-roadmapping была выполнена в 65 случаях (63%). Был разработан комплексный алгоритм диагностики и рентгенэндоваскулярного лечения ИА и АВМ с применением технологии трехмерного наведения.

Заключение. Опыт применения технологий трехмерного наведения в лечении интракраниальных аневризм и АВМ в нашей клинике убедительно показал, что их использование увеличивает эффективность и безопасность вмешательств. В сравнении с двухмерной навигацией прослеживается тенденция к уменьшению эффективной дозы облучения, отмечается статистически значимое уменьшение объема используемого во время эмболизации контрастного вещества, а также сокращение времени суперселективной катетеризации аневризмы и афферентной артерии АВМ.

Ключевые слова: 3D-наведение, интракраниальная аневризма, артериовенозная мальформация, эмболизация.

Контактный автор: Гегенава Б.Б., gegenava_boris@dr.com

Для цитирования: Гегенава Б.Б. Применение современных методов нейровизуализации и трехмерного наведения во время рентгенэндоваскулярных лечебных вмешательств. REJR. 2016; 6 (3):30-37. DOI:10.21569/2222-7415-2016-6-3-30-37.

Статья получена: 27.05.2016

Статья принята: 10.06.2016

USAGE OF MODERN METHODS OF NEURO VISUALIZATION AND THREE-DIMENSIONAL NAVIGATION DURING NEURO ENDOVASCULAR INTERVENTIONS

Gegenava B.B.

Treatment of vascular brain diseases - intracranial aneurysm (IA) and arteriovenous malformations (AVMs) - has an important medical and social value.

Purpose. To evaluate the opportunities and advantages of endovascular treatment of intracranial aneurysms (IA) and arteriovenous malformations (AVM) using three-dimensional navigation (3D-roadmapping).

Materials and methods. During 2010-2013 years 103 embolizations of IA and AVM in 88 patients were performed in our angiography department. 3D-roadmapping technique was applied for guidance of endovascular tools in cerebral arteries and catheterization the IA cavity and AVM-feeding arteries during the procedure.

Results. Endovascular interventions with 3D-roadmapping were performed in 65 (63%) cases. Complex algorithm of diagnosis and endovascular treatment of IA and AVM using 3D-roadmapping was introduced.

Conclusion. Our experience of endovascular embolization of IA and AVM with 3D-roadmapping convincingly showed that usage of this technique is possible and effective. In comparison with two-dimensional navigation there was a tendency in reduction of the effective exposure dose, also there was a statistically significant decrease of amount of contrast material, and of time for superselective catheterization of AVM-feeding arteries and IA cavity.

Keywords: 3D-roadmapping, intracranial aneurysms, arteriovenous malformations, embolization.

Corresponding author: Gegenava B.B., gegenava_boris@dr.com

For citation: Gegenava B.B. Usage of modern methods of neuro visualization and three-dimensional navigation during neuro endovascular interventions. REJR. 2016; 6 (3):30-37. DOI:10.21569/2222-7415-2016-6-3-30-37.

Received: 27.05.2016

Accepted: 10.06.2016

Проблема лечения сосудистых заболеваний головного мозга – интракраниальных аневризм (ИА) и артериовенозных мальформаций (АВМ) – имеет важное медико-социальное значение. Разрыв ИА является самой частой причиной субарахноидальных кровоизлияний (САК), составляя около 80% [1]. Второй по частоте причиной САК (10%) считается разорвавшаяся АВМ. При этом, САК, составляя половину всех спонтанных нетравматических внутричерепных кровоизлияний, в подавляющем большинстве случаев встречается у активной и трудоспособной части населения, в возрасте от 40 до 65 лет [1, 2].

Наиболее грозным осложнением разорвавшихся ИА и АВМ является повторный разрыв и кровоизлияние, поэтому все усилия должны быть направлены на максимальное снижение соответствующих рисков.

В этой связи, расширяются возможности и возрастает роль методов нейровизуализации в решении вопроса о выборе тактики и метода лечения. На сегодняшний день эндоваскуляр-

ная эмболизация стала неотъемлемым инструментом для оказания специализированной помощи больным с ИА и АВМ как на этапе первичного выявления заболевания, так и на фоне состоявшегося САК.

Для более эффективного проведения эндоваскулярных вмешательств необходимо не только предоперационное изучение сложной анатомии церебральных сосудов в зоне поражения, но и возможность использования этой крайне важной информации непосредственно во время операции. Такие условия появляются благодаря использованию технологии трехмерного наведения (3D-roadmapping, 3D-RM). Технология 3D-RM заключается в создании композитных изображений, на которых двухмерное рентгеноскопическое изображение в реальном времени накладывается на виртуальную трехмерную модель сосуда, полученную тем или иным способом (КТ-ангиография, 3D-ротационная ангиография).

В международной литературе в последние годы опубликованы единичные работы, пока-

M.F.Vladimirov Moscow Regional Research and Clinical Institute (MONIKI). Moscow, Russia.

зывающие актуальность использования и необходимость оптимизации технологии 3D-RM в интервенционной нейрорадиологии. Представляем свой опыт применения навигационных технологий в лечении ИА и АВМ.

Материалы и методы.

В основу работы положены результаты обследования и рентгенэндоваскулярного лечения (эмболизация ИА и АВМ), выполненного в отделении ангиографии рентгенологического отдела ГБУЗ МО МОНИКИ в течение 2010-2013 гг. Было выполнено 103 эндоваскулярных лечебных вмешательства 90 больным. В 45 случаях (44%) операция проводилась после состоявшегося внутричерепного кровоизлияния. Возраст больных колебался от 20 до 73 лет (средний составил 45 лет). Среди пациентов было 62 женщины (60%) и 41 мужчина (40%). Для эмболизации ИА использовали отделяемые микроспиральи, для эмболизации АВМ – композиция гистоакрила и липиодола.

В настоящем исследовании были изучены особенности техники навигации, которые были использованы для продвижения эндоваскулярного инструментария по сосуду в необходимом направлении для суперселективной катетеризации интересующего нас анатомического участка (аневризма или узел мальформации) и последующей эмболизации. Поэтому выполненные нами вмешательства были разделены на три группы в зависимости от того, какой вариант навигации мы использовали во время вмешательства. Подобное разделение больных подразумевает, что в одну и ту же группу входили больные с ИА и АВМ.

I группа (группа сравнения) включала в себя 38 вмешательств (37%), во время которых была произведена эмболизация ИА (n=22 (58%)) или АВМ сосудов головного мозга (n=16 (42%)) с применением традиционной технологии двухмерного наведения.

II группа включала 49 эмболизаций (47,5%) ИА (n=31 (63%)) или АВМ сосудов головного мозга (n=18 (37%)) с применением 3DRA-roadmapping (3 DRA-RM, 3 DRA-наведение). Технология 3 DRA-RM включала выполнение трехмерной ротационной ангиографии церебральных сосудов и использование этих данных при создании композитного изображения для трехмерного наведения. Оно состояло из трехмерной модели церебральных сосудов, совмещенной с рентгеноскопическим изображением в реальном режиме времени.

III группа включала 16 эмболизаций (15,5%) ИА с применением КТ-наведения (CT-roadmapping, CT-RM). Технология CT-RM заключалась в использовании данных предоперационной КТ-ангиографии (КТА) при создании композитных изображений для трехмерного наведения, аналогично 3 DRA-наведению.

В качестве сравнительных критериев различных технологий навигации учитывались следующие параметры:

- 1) продолжительность вмешательства;
- 2) продолжительность навигации;
- 3) продолжительность рентгеноскопии;
- 4) эффективная доза облучения пациента;
- 5) объем используемого рентгеноконтрастного средства (РКС).

Продолжительность вмешательства (ПВ) определялась как время от его начала до полного завершения, которое фиксировалось в операционном журнале. ПВ рассчитывалась с момента пункции общей бедренной артерии и включала время проведения суперселективной катетеризации (аневризмы или узла мальформации), самой эмболизации и завершения операции. Следует отметить, что нередко во время одного вмешательства выполняется эмболизация нескольких аневризм или артерий, питающих АВМ. Поэтому для более корректного сравнения эффективности и удобства различных методов нейронавигации мы выполняли оценку продолжительности навигации.

Продолжительность навигации (ПН) рассчитывалась следующим образом:

1) в группе I (группа сравнения; эндоваскулярная эмболизация без применения трехмерного наведения) учитывалось время от начала навигации и до суперселективной катетеризации. В тех случаях, когда во время одной операции производилась многократная суперселективная катетеризация (например, при эмболизации узла из нескольких афферентных артерий), мы рассчитывали продолжительность только первой навигации. Началом навигации считалось время первой активизации двухмерного наведения, которое отражено на серии ангиограмм.

2) в группах II и III (эндоваскулярная эмболизация с применением 3D-навигации) учитывалось время от начала проведения трехмерной ротационной ангиографии (при 3 DRA-наведении) или бесконтрастной ротационной ангиографии (при КТ-наведении) до выполнения суперселективной ангиографии из микрокатетера. При эмболизации ИА, перед имплантацией спирали, мы всегда выполняли ангиографию из полости аневризмы. Также при эмболизации АВМ мы выполняли суперселективную ангиографию из дистальных отделов артерий, питающих мальформацию или узла мальформации.

Продолжительность рентгеноскопии (ПР) определялась как суммарное время рентгеноскопии за весь период операции, которое фиксировалась на мониторе ангиографа после завершения операции.

Эффективная доза облучения (ЭДО) пациента – значение которой (E) определялось с по-

мощью выражения:

$$E = \Phi \cdot K_d, ((mGy \cdot cm^2 \times 0,09) / 1000),$$

где: Φ - измеренная величина произведения дозы на площадь (сГр x см²), которая фиксировалась на мониторе ангиографа после завершения операции; K_d - коэффициент перехода от значения ПДП (значение произведения дозы на площадь) к эффективной дозе у пациента данного возраста с учетом вида проведенного рентгенологического исследования, проекции, размеров поля, фокусного расстояния и анодного напряжения на рентгеновской трубке (мкЗв/(сГр x см²) [3].

Объем рентгеноконтрастного средства (РКС) определялся суммарным количеством РКС, введенного пациенту на всех этапах эндоваскулярного вмешательства.

Пациенты всех трех групп соответствовали друг другу по возрасту и полу, что позволило провести сравнительную оценку полученных результатов исследований. Рентгенохирургические вмешательства выполнялись на универсальном ангиографическом комплексе Philips Allura Xper FD 20 (Philips) с использованием специальной трехмерной рабочей станции и пакета программного обеспечения. В качестве рентгеноконтрастных средств использовались неионные гипо- и изоосмолярные препараты.

Результаты исследования и обсуждение.

Результаты эмболизации интракраниальных аневризм.

У 61 больного с ИА было выполнено 69 операций эмболизации отделяемыми металлическими спиралями. В 2 случаях применяли эмболизацию с ассистенцией баллоном и в 1 случае - с ассистенцией стентом. У 27 больных с АВМ выполнено 34 эмболизации композицией гистаакрила и липиодола. В плановом порядке выполнено 84 вмешательства (82%), по экстренным показаниям - 19 (18%).

Эмболизация ИА считалась радикальной в том случае, если аневризма была полностью (дно, тело и шейка аневризмы) выключена из кровотока (тип А). В тех случаях, когда отмечалось остаточное контрастирование аневризмы в области ее шейки, эмболизация считалась субтотальной (тип В). При остаточном контрастировании шейки и части тела аневризмы эмболизация считалась частичной (тип С).

Эффективная эмболизация аневризм (тотальная и субтотальная - типы А+В) была достигнута в 62% наблюдений, частичная эмболизация наблюдалась в 26 случаях (38%). Радикальность выключения аневризмы из кровотока зависела от размеров и анатомии аневризмы. В состав исследования вошли эмболизации 14 маленьких аневризм (2-4 мм) (20%), 42 аневризм среднего размера (5-10 мм) (61%), 12 больших

аневризм (11-25 мм) (17%) и 1 гигантской аневризмы (>25 мм) (2%).

Наибольшая радикальность была достигнута при эмболизации ИА малых размеров: эффективная эмболизация составила 93% (тотальная эмболизация - 57%, субтотальная - 36%). При эмболизации средних аневризм эффективная окклюзия была достигнута в 61% случаев (тотальная - 20%, субтотальная - 41%). При эмболизации больших ИА частота эффективной эмболизации (типы А+В) составила 38%.

Успех эндоваскулярной эмболизации и ее радикальность зависела и от размеров шейки аневризмы и взаимоотношения размеров шейки к наибольшему размеру аневризмы. При соотношении размера шейки к наибольшему размеру аневризмы менее 0,5 прогноз успешной эндоваскулярной эмболизации выше [4, 5]. Эффективная эмболизация (типы А+В) при таком показателе составила 78%, в группе с соотношением больше 0,5 - 55%.

По данным мировой литературы также прослеживается четкая взаимосвязь между уровнем радикальности эмболизации ИА и размером шейки аневризмы, ее отношению к телу аневризмы [6]. А. Zubillaga сообщает о частоте радикальной окклюзии в 85% случаев для аневризм с размером шейки менее 4 мм и лишь в 15% случаях при размере > 4 мм [7]. По данным других авторов частота радикальной окклюзии всех аневризм достигает 70,5% [8, 9].

Результаты эмболизации артериовенозных мальформаций.

Для определения адекватности эндоваскулярного лечения АВМ, оценивали степень эмболизации мальформации. Радикальной считалась эмболизация, при которой были облитерированы все афферентные артерии, узел мальформации был полностью выключен из кровотока, и не отмечалось преждевременного контрастирования венозного компонента. В тех случаях, когда после эмболизации оставалось контрастирование даже малого компонента АВМ, эмболизация расценивалась как частичная.

АВМ имели плексиформное строение узла в 24 случаях (71%), 11 (32%) - имели две крупные афферентные артерии, 12 АВМ (35%) - три и более крупных афферента; 11 мальформаций (32%) кровоснабжались из бассейнов двух церебральных артерий и 3 мальформации (9%) получали кровоснабжение посредством трех церебральных бассейнов. Сложная анатомия поражения, плексиформное строение узлов, значительные размеры АВМ и большое количество источников кровоснабжения обусловило выбор многоэтапной стратегии эмболизации. Эндоваскулярная эмболизация также использовалась как первый этап лечения перед открытой хирургической операцией или луче-

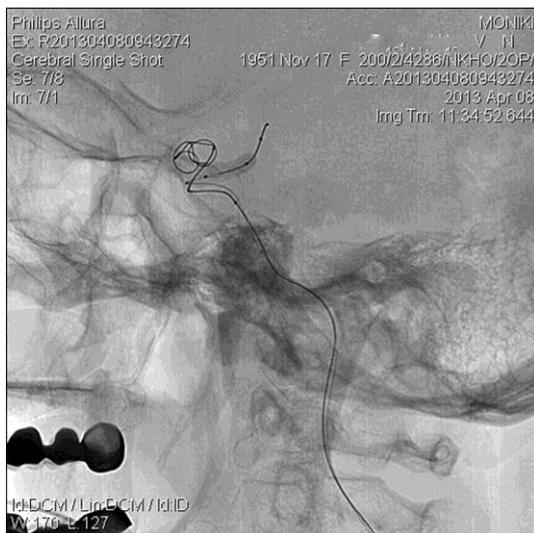


Рис. 1,а.



Рис. 1,б.

Рис. 1. 3DRA сосудов головного мозга.

Пациентка Б., 61 г., ИА левой внутренней сонной артерии (ВСА).

а – Имплантация отделяемой спирали в полость аневризмы с баллон-ассистенцией;

б – Тот же этап операции при активизированном 3DRA-наведении (стрелкой указан, раздутый в просвете ВСА баллон).

вой терапией. Радикальная эмболизация в нашей серии вмешательств была достигнута в 6 случаях (18%), частичная эмболизация – в 28 (82%).

Сравнение результатов эмболизации ИА и АВМ по группам.

В I группу (сравнения), в которой при эндоваскулярной эмболизации не применялась техника трехмерного наведения, вошло 38 исследований. Выполнено 22 эмболизации церебральных аневризм (58%) и 16 эмболизаций АВМ (42%).

В результате лечения церебральных аневризм эффективная эмболизация (типы А+В) была достигнута в 11 случаях (50%). При АВМ полная эмболизация была достигнута в 1 случае (6%), частичная – в 15 случаях (94%).

При изучении сравнительных параметров, продолжительность процедуры составила 110,3±41,2 мин, продолжительность навигации составила 49,7±27,6 мин, длительность рентгеноскопии – 27,5±12,2 минут, эффективная доза облучения – 13,88±18,21 мЗв. В среднем за время выполнения эндоваскулярной эмболизации с применением двухмерного наведения использовалось 156,8±82,4 мл РКС.

Во II группу вошло 49 рентгенэндоваскулярных вмешательств на сосудах головного мозга с применением трехмерного наведения. В качестве субстрата для наведения использовали трехмерную ротационную ангиографию (3DRA) (рис. 1).

В 31 случае (63%) была выполнена эмбо-

лизация ИА и в 18 (37%) – эмболизация АВМ. В 18 случаях (37%) эмболизация ИА и АВМ выполнялась на фоне состоявшегося внутричерепного кровоизлияния, в 7 случаях (14%) операция выполнялась в экстренном порядке. Эффективная эмболизация ИА (типы А+В) наблюдалась в 21 случае (68%), частичная – в 10 (32%). Полная эмболизация АВМ была достигнута в 5 случаях (28%), в 13 случаях (72%) эмболизация мальформации была частичная.

При изучении сравнительных параметров, продолжительность процедуры составила 110,8±41,6 мин, продолжительность навигации – 24,1±13,2 мин, длительность рентгеноскопии – 31±18,2 мин, эффективная доза облучения – 12,25±7,74 мЗв. За время выполнения вмешательств с применением 3 DRA-наведения использовалось 79,7±47,6 мл РКС.

В III группу вошло 16 исследований, при которых эндоваскулярная эмболизация ИА выполнялась с применением технологии КТ-наведения (СТ-РМ) (рис. 2).

У 15 из 16 пациентов этой группы эмболизация ИА проводилась на фоне состоявшегося кровоизлияния, 7 операций выполнены в экстренном порядке. Эффективная эмболизация (типы А+В) интракраниальных аневризм была получена в 11 случаях (69%), в 5 случаях (31%) эмболизация носила частичный характер.

При изучении сравнительных параметров при использовании различных видов нейронавигации, продолжительность процедуры составила 108,7±35,2 мин, продолжительность нави-



Рис. 2,а.

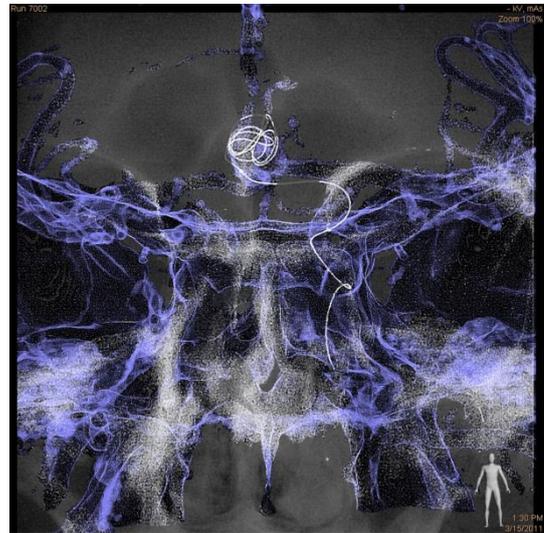


Рис. 2,б.

Рис. 2. Трехмерное наведение (СТ-РМ) и эмболизация по данным КТА.

Больной Щ., 57 лет. Аневризма ПМА-ПСА.

а – Проводник без использования РКС проведен по ВСА до бифуркации (стрелка) и перенаправлен в переднюю мозговую артерию;

б – В полость аневризмы введена металлическая спираль «Матрикс» 8мм x 20см.

гации – $42,9 \pm 23,4$ мин, длительность рентгеноскопии – $25,3 \pm 11,9$ мин, эффективная доза облучения – $10,75 \pm 8,41$ мЗв. В среднем за время выполнения эндоваскулярной эмболизации с применением КТ-наведения использовалось $57,5 \pm 30,9$ мл РКС.

Таким образом, при сравнении эффективности эмболизации по группам можно отметить, что радикальность эмболизации была выше в группах с применением трехмерного наведения (3DRA-RM и СТ-РМ). Так, эффективная эмболизация ИА в первой группе была достигнута в 50% случаев, в то время как во второй и третьей группах 68% и 69% соответственно. Ра-

дикальная эмболизация АВМ при использовании двухмерного наведения была достигнута в 6% вмешательств, при использовании 3DRA-RM – 28%.

При сравнении технологий навигации по параметрам отмечается:

1) Продолжительность вмешательства достоверных межгрупповых различий не показала ($p=0,984$), несмотря на то, что для активизации трехмерного наведения требуется выполнение определенной последовательности дополнительных действий.

2) Продолжительность навигации при проведении попарных сравнений достоверно

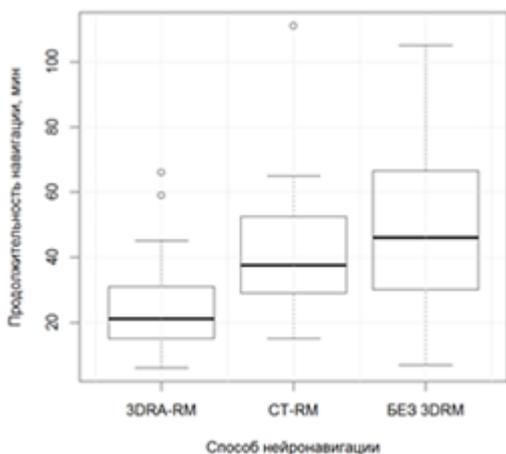


Рис. 3,а.

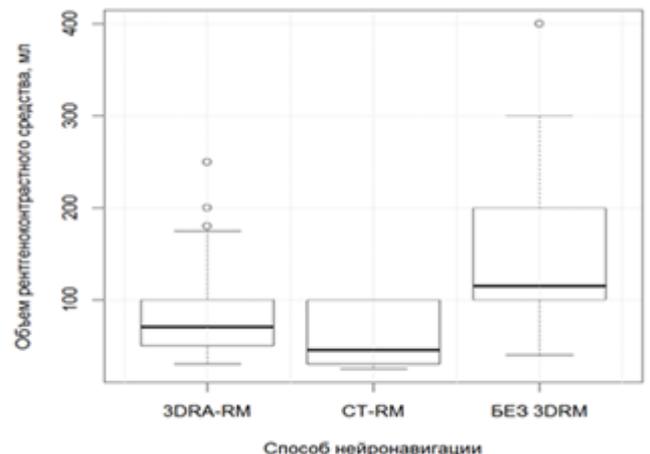


Рис. 3,б.

Рис. 3. Диаграммы.

а – Сравнение продолжительности навигации при различных способах нейронавигации;

б – Сравнение объёма используемого РКС при различных способах нейронавигации.

отличалась между группой 3DRA-RM (24,1±13,2 мин) и группой CT-RM (42,9±23,4 мин), $p=0,005$, а также между группами 3DRA-RM и группой сравнения (49,7±27,6 мин), $p<0,001$. Достоверного различия для групп CT-RM и сравнения выявлено не было ($p=0,282$) (рис. 3 а).

3) Достоверных межгрупповых различий в продолжительности рентгеноскопии найдено не было ($p=0,353$).

4) Для эффективной дозы облучения достоверных межгрупповых различий также обнаружено не было ($p=0,745$). Однако отмечается тенденция к уменьшению этих показателей при использовании трехмерного наведения. Эффективная доза облучения для групп 3DRA-RM, CT-RM и группы сравнения составила 12,25±7,74, 10,75±8,41 и 13,88±18,21 мЗв соответственно.

5) В результате применения однофакторного дисперсионного анализа было найдено статистически достоверное различие в объеме

используемого контрастного средства ($p<0,001$) между группой сравнения, в которой средний объем РКС составил 156,8±82,4 мл и группами 3DRA-RM и CT-RM (79,7±47,6 и 57,5±30,9 мл соответственно) (рис. 3 б).

Заключение.

Опыт применения технологий трехмерного наведения в лечении интракраниальных аневризм и АВМ в нашей клинике убедительно показал, что их использование увеличивает эффективность и безопасность вмешательств. В сравнении с двухмерной навигацией прослеживается тенденция к уменьшению эффективной дозы облучения, отмечается статистически значимое уменьшение объема используемого во время эмболизации контрастного вещества, а также сокращение времени суперселективной катетеризации аневризмы и афферентной артерии АВМ.

Список литературы:

1. Becske T., Jallo G.I. Chief Editor: Lutsep H.L. Subarachnoid Hemorrhage. Updated: Oct 20, 2011. Available at: <http://www.emedicine.medscape.com>.
2. Крылов В.В., Природов А.В., Петриков С.С. Нетравматическое субарахноидальное кровоизлияние: диагностика и лечение. *Consilium Medicum. Болезни сердца и сосудов.* 2008; 1: 14-18.
3. Методические Указания 2.6.1.2944-11 "Контроль эффективных доз облучения пациентов при проведении медицинских рентгенологических исследований".
4. Johnston S.C., Higashida R.T., Barrow D.L., Caplan L.R. et al. Recommendations for the endovascular treatment of intracranial aneurysms. A statement for health care professionals from the Committee on Cerebrovascular Imaging of the American Heart Association Council on Cardiovascular Radiology. *Stroke.* 2002; 33: 2536-2544.
5. Debrun G.M., Aletich V.A., Kehrli P. et al. Selection of cerebral aneurysms for treatment using Guglielmi detachable coils: The preliminary University of Illinois at Chicago experience. *Neurosurgery.* 1998; 43: 1281-1295.

References:

1. Becske T, Jallo G. I. Editor: H. L. Lutsep Subarachnoid Hemorrhage. Updated: October 20, 2011. Available at: <http://www.emedicine.medscape.com>.
2. Krylov V.V., Prirodov A.V., Petrikov S.S. Non-traumatic subarachnoid hemorrhage: diagnosis and treatment. *Clinic "Medicum" Consultation. Heart disease and blood vessels.* 2008; 1: 14-18 (in Russian).
3. 2.6.1.2944-11 Monitoring of the effective doses to patients in medical x-ray examinations (in Russian).
4. Johnston S.C., Higashida R.T., Barrow D.L., Caplan L.R. et al. Recommendations for the endovascular treatment of intracranial aneurysms. A statement for health care professionals from the Committee on Cerebrovascular Imaging of the American Heart Association Council on Cardiovascular Radiology. *Stroke.* 2002; 33: 2536-2544.
5. Debrun G. M., Aletich VA, Kehrli P. et al. The choice of a brain

6. Debrun G.M., Aletich V.A., Kehrli P., Misra M., Ausman J.I., Charbel F. Selection of cerebral aneurysms for treatment using Guglielmi detachable coils: the preliminary University of Illinois at Chicago experience. *Neurosurgery.* 1998; 43: 1281-1295.
7. Fernandez Zubillaga A., Guglielmi G., Vinuela F., Duckwiler G.R. Endovascular occlusion of intracranial aneurysms with electrically detachable coils: correlation of aneurysm neck size and treatment results. *AJNR Am. J. Neuroradiol.* 1994; 15: 815-820.
8. Свистов Д.В., Павлов О.А., Кандыба Д.В., Никитин А.И., Савелло А.В., Ландик С.А., Аршинов Б.В. Значение внутрисосудистого метода в лечении пациентов с аневризматической болезнью головного мозга. *Нейрохирургия.* 2011; 1: 21-28.
9. Gallas S., Januel A.C., Pasco A., Drouineau J., Gabrillargeus J., Gaston A., Cognard C., Herbreteau D. Long-term follow-up of 1036 cerebral aneurysms treated by bare coils: a multicentric cohort treated between 1988 and 2003. *J. Amer. J. Neuroradiol.* 2009; 30 (10): 1986-1992.

- aneurysm for treatment using Guglielmi detachable coils: the preliminary University of Illinois at Chicago experience. *Neurosurgery.* 1998; 43: 1281-1295.
6. Debrun G. M., Aletich VA, Kehrli P. Misra, M., Ausman J. I., Charbel F. selection of aneurysm of the brain, for treatment using Guglielmi detachable coils: the preliminary University of Illinois at Chicago experience. *Neurosurgery.* 1998; 43: 1281-1295.
7. Fernandez Zubillaga A., Guglielmi G., Vinuela F., Duckwiler G.R. Endovascular occlusion of intracranial aneurysms with electrically detachable coils: correlation of aneurysm neck size and treatment results. *AJNR Am. J. Neuroradiol.* 1994; 15: 815-820.
8. Svistov D. V., Pavlov O. A., Kandyba D. V., Nikitin A.I., Savello A.V., Landik S. A., Arshinov B.V. The Significance of intravascular method in treatment of patients with aneurysmal disease of

the brain. Neurosurgery. 2011; 1: 21-28 (in Russian).

9. Gallas S., Januel A.C., Pasco A., Drouineau J., Gabrillargeus J., Gaston A., Cognard C., Herbreteau D. Long-term follow-up of 1036 cerebral aneurysms treated by bare coils: a multicentric cohort treated between 1988 and 2003. *J. Amer. J. Neuroradiol.* 2009; 30 (10): 1986-1992.