

ОГЛАВЛЕНИЕ

ОТ АВТОРОВ	5
ПРЕДИСЛОВИЕ	7
Глава 1	
ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ОПЕРАЦИОННОГО МИКРОСКОПА: ОТ МОНОКУЛЯРА ДО 3D-МИКРОСКОПИИ	9
1.1. История развития операционного микроскопа	9
1.2. Внедрение операционных микроскопов в нейрохирургическую практику	11
1.3. Строение современного операционного микроскопа	12
1.4. Физиология стереоскопического зрения	13
1.5. Значимость стереоскопического изображения для микро-нейрохирургии	14
1.6. Технологии передачи трехмерного изображения	15
Глава 2	
ОСНОВЫ СИМУЛЯЦИОННОГО ТРЕНИНГА В НЕЙРОХИРУРГИИ	18
2.1. Актуальность направления	18
2.2. История развития симуляционного обучения в Иркутской области	20
2.3. Сравнение с другими сферами сложной деятельности	21
2.4. Терминология и классификация	22
2.5. Определение компетентности (экспертности)	24
2.6. Определение валидности экспериментальных моделей	26
2.7. Проблема квалитрии навыков	27
2.8. Квалитрия микронейрохирургических навыков	28
2.9. Очевидная и содержательная валидность симуляционных моделей для микрохирургического тренинга	29
2.10. Конструктивная валидность шкал и симуляционных моделей	30
2.11. Определение надежности квалитрической шкалы	31

Глава 3	
ОРГАНИЗАЦИЯ СИМУЛЯЦИОННОГО ТРЕНИНГА В НЕЙРОХИРУРГИИ	41
3.1. Лаборатория микронейрохирургии	41
3.2. Экспериментальные модели микроанастомозов	41
3.3. Симуляторы эндоваскулярных вмешательств	42
3.4. Компьютерные симуляционные тренажеры	42
3.5. Экспериментальные модели церебральных аневризм	43
3.6. Алгоритм микронейрохирургического тренинга	51
Глава 4	
«СУХОЙ» МИКРОНЕЙРОХИРУРГИЧЕСКИЙ ТРЕНИНГ	53
4.1. Современное обучение будущего специалиста-нейрохирурга	53
4.2. «Сухой» тренинг в микрохирургии	54
4.3. Проспективный анализ уровня мануальных нейрохирургических навыков на протяжении длительного времени	55
Глава 5	
АНАТОМО-ГИСТОЛОГИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПЛАЦЕНТЫ ЧЕЛОВЕКА В КАЧЕСТВЕ МОДЕЛИ ДЛЯ МИКРОНЕЙРОХИРУРГИЧЕСКОГО ТРЕНИНГА	57
5.1. Анатомический метод исследования	57
5.2. Гистологическое исследование	62
Глава 6	
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ АРТЕРИАЛЬНОЙ АНЕВРИЗМЫ	69
6.1. Метод моделирования церебральных аневризм на плаценте человека	69
6.2. Размеры моделированных аневризм на плаценте человека	72
6.3. Экспериментальная модель выделения и клипирования аневризмы	74
6.4. Определение очевидной и содержательной валидности модели аневризмы	78
6.5. Определение конструктивной валидности модели аневризмы	81
6.6. Определение надежности квалитрического инструмента оценки навыка клипирования аневризмы	82
6.7. Клинико-симуляционные параллели клипирования церебральной аневризмы	84
Глава 7	
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ СОСУДИСТОГО МИКРОАНАСТОМОЗА	98
7.1. Экспериментальная модель низкопроточного анастомоза на сосудах плаценты человека	98

7.2. Определение очевидной и содержательной валидности модели микроанастомоза	101
7.3. Определение конструктивной валидности модели микроанастомоза	103
7.4. Моделирование шунтирующих операций на сосудах плаценты человека	105
7.5. Особенности техники создания низкопроточных сосудистых микроанастомозов в нейрохирургической практике	105
7.6. Клинический пример наложения сосудистого микроанастомоза	112
7.7. Экспериментальная модель высокопроточного шунтирования при выключении технически сложной аневризмы из кровотока	115
7.8. Особенности техники создания высокопроточных анастомозов	117
7.9. Клинический пример высокопроточного шунтирования	123

Глава 8

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ КАРОТИДНОЙ ЭНДАРТЕКТОМИИ НА СОСУДАХ ПЛАЦЕНТЫ	127
--	------------

Глава 9

КЛИНИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ХИРУРГИИ ЦЕРЕБРАЛЬНЫХ АНЕВРИЗМ В КОНТЕКСТЕ СИМУЛЯЦИОННОГО ТРЕНИНГА	138
9.1. Актуальность проблемы	138
9.2. Этиология церебральных аневризм	139
9.3. Локализация церебральных аневризм и выбор метода лечения (метаанализ)	140
9.4. Частота и последствия разрыва церебральных аневризм	148
9.5. Показания и способы хирургического лечения аневризм	149
9.6. Хирургия разорвавшихся аневризм	150
9.7. Хирургия неразорвавшихся аневризм	151
9.8. Оценка риска разрыва и принятие взвешенного решения клипирования неразорвавшейся аневризмы	155
9.9. Эндоскопическая ассистенция при клипировании аневризм	164

Глава 10

БОЛЕЗНЬ МОЙЯ-МОЙЯ: КЛИНИКА, ДИАГНОСТИКА И МЕТОДЫ ЛЕЧЕНИЯ	182
10.1. Терминология и история открытия	182
10.2. Эпидемиология	183
10.3. Этиология и патогенез	183
10.4. Клиническая картина	185
10.5. Диагностика	186

10.6. Лечение	190
10.7. Хирургическая техника	192
10.8. Этапы оперативного вмешательства	193
10.9. Послеоперационное лечение	196
10.10. Послеоперационная оценка клинических симптомов и дополнительных методов исследования	197
10.11. Классификация прямых сосудистых шунтирующих операций	200
10.12. Клинический пример сосудистой шунтирующей операции	211

ЗАКЛЮЧЕНИЕ	215
-----------------------------	------------

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	219
---	------------

Окончание прил. Г

Бережное отношение к тканям				
1	2	3	4	5
Часто применяет к тканям излишнюю силу или вызвал повреждение ненадлежащим использованием инструмента		Осторожно обращается с тканями, но иногда ненамеренно повреждает их		Последовательно и бережно относятся к тканям с минимальным повреждением
Навык микродиссекции				
1	2	3	4	5
Скучная техника, часто повреждает сосуды. Аневризма выделена недостаточно		Умеренно хорошая техника диссекции близко к сосудам с допустимым ненамеренным повреждением, которое не влияет на состоятельность стенки сосуда. Адекватное выделение аневризмы и несущего сосуда		Отличная техника острой и тупой диссекции, сохранение сосудов, адекватное и достаточное выделение аневризмы и несущего сосуда

Общий счет = _____ (из максимальных 45 баллов)



Глава 3 ОРГАНИЗАЦИЯ СИМУЛЯЦИОННОГО ТРЕНИНГА В НЕЙРОХИРУРГИИ

3.1. Лаборатория микронеурхирургии

Kshetry на основании опроса руководителей обучающих нейрохирургических программ в США показал, что 95,4% из них уверены в том, что лабораторная диссекция должна быть обязательной составляющей образовательной программы по нейрохирургии, при этом ни один респондент не посчитал виртуальную симуляцию способной принести большую пользу, чем лабораторная диссекция. Кроме того, большинство респондентов поддержало бы национальную образовательную программу и учебный план по лабораторной нейрохирургической диссекции [Kshetry et al., 2014]. В настоящее время в России актуальной проблемой остаются юридические и технические возможности обеспечения трупами секционных залов медицинских университетов. Имеется дефицит качественно подготовленных инъекционных препаратов, которые можно использовать для обучения и разработки различных краниальных доступов в научных целях [Гайворонский, 2012].

3.2. Экспериментальные модели микроанастомозов

Техника анастомозирования сосудов никогда не была легкой. Действительно, Carrel получил в 1912 г. Нобелевскую премию за разработку триангуляционной техники сосудистого шва во всю толщину стенки сосуда [Dente, Feliciano, 2005]. Для тренировки навыков наложения сосудистого микроанастомоза под настольным [Inoue et al., 2006] или хирургическим микроскопом предложено множество моделей: тренировка на марле [Indo et al., 2011], силиконовых трубочках [Inoue et al., 2006; Matsumura et al., 2006; Ishikawa et al., 2010], сосудах крысы [Heiner et al., 1977], на сосудах плаценты [Goldstein, 1979], на охлажденном крыле кури-

цы и индейки [Abla et al., 2011]. В настоящей работе обобщены литературные данные и описаны авторские разработки и модели для практики сосудистых микроанастомозов как на поверхности, так и в глубоком операционном поле.

3.3. Симуляторы эндоваскулярных вмешательств

Для симуляции эндоваскулярных вмешательств используются физические манекены и силиконовые модели [Kerber et al., 1997; Suzuki et al., 2005], крупные лабораторные животные (свиньи) с хирургически созданной патологией — аневризмой [Guglielmi et al., 1994], артериовенозная мальформацией [Wakhloo et al., 2005]. В последнее время популярность приобретают компьютерные виртуальные модели для симуляции эндоваскулярных нейрохирургических вмешательств (табл. 1).

Для симуляторов эндоваскулярных процедур характерно наличие модулей тренировки широкого спектра интервенций на коронарных и периферических сосудах, аорте. Церебральные модули предлагают лишь некоторые тренажеры. Основные характеристики таких тренажеров: возможность симуляции всей процедуры, включая артериотомию и закрытие раны, или симуляция лишь основного этапа, тактильная обратная связь, неврологические и физиологические гемодинамические изменения, измерительные оценки навыков. Стоимость оборудования составляет порядка 2500–11 000 тыс. руб. в зависимости от фирмы и программных модулей. Ежегодное обслуживание может обходиться до 300 тыс. руб., дополнительные расходы включают страховку и обучение персонала. В нейрохирургической практике эндоваскулярные симуляторы позволяют тренировать навыки койлинга аневризм, установки стентов в церебральных и сонных артериях, баллонную ангиопластику, селективное введение лекарственных препаратов, а также лечение инсульта [Dawson et al., 2007].

В качестве тканевой модели для практики эндоваскулярных вмешательств возможно использовать плаценту человека [Kwok et al., 2014].

3.4. Компьютерные симуляционные тренажеры

Спектр доступных к 2014 г. виртуальных компьютерных нейрохирургических тренажеров представлен в табл. 2.

NeuroTouch является одним из первых виртуальных тренажеров [Delorme et al., 2012]. В настоящее время он позволяет прак-

тиковать базовые мануальные навыки работы наконечником аспиратора, ультразвуковым деструктором-аспиратором и биполярным пинцетом, а также фундаментальные принципы гемостаза, эндоназальной навигации, вентрикулостомии. Кроме того, доступны модули операций резекции менингиомы и глиомы. При контакте с ригидными или эластическими структурами их сопротивление имитируется системой тактильной обратной связи, как и в других виртуальных тренажерах.

Компьютерный 3D-виртуальный симулятор с обратной связью ImmersiveTouch®-Sensimmer® позволяет тренировать навыки краниотомии, установки вентрикулярного катетера, ризотомии. Доступны модули люмбальной пункции, транспедикулярных пункций на грудном и поясничном отделах, вертебропластики и установки чрескожных транспедикулярных винтов. Еще больше программ для симуляции различных операций находится в стадии разработки [Alaraj et al., 2013].

Dextroscope представляет собой рабочую станцию с возможностью трехмерной реконструкции DICOM-изображений и симуляции различных нейрохирургических вмешательств, в том числе удаления опухолей, клипирования аневризм [Wong et al., 2007], а также диссекции виртуальной височной кости [Kockro et al., 2009].

Недавно разработанная хирургическая тренировочная платформа (Surgical Rehearsal Platform) позволяет строить виртуальные трехмерные реконструкции для симуляции клипирования аневризм. Особенностью данного тренажера является совместимость для проведения дистанционного обучения и совместной удаленной работы на одном тренажере [Bambakidis et al., 2013].

Разработка пациент-специфичных реконструкций и совершенствование системы обратной тактильной связи являются будущим виртуальных хирургических симуляторов, тем не менее внедрение таких симуляторов потребует значительного времени [Choudhury et al., 2013]. В связи с этим актуально создание простых и доступных физических симуляционных моделей для тренировки микрососудистых операций в нейрохирургии.






3.5. Экспериментальные модели церебральных аневризм

Nicdonmez описал модель микронейрохирургического тренинга на свежем головном мозге коровы для обучения манипуляциям микроинструментами и тренировки диссекции сосудов и нервов [Nicdonmez et al., 2006]. Для развития навыков арахно-

Таблица 1. Симуляционные тренажеры эндоваскулярных

Производитель	Описание
Simbionix, США	Angiomentor Slim+; продленное обслуживание; модули: операции на сосудах головного мозга, сонных артериях
CAE Healthcare, США	CathLabVR; модули: сонные артерии
Mentice, Швеция	VIST®-Lab; модули: сонные артерии, нейро, инсульт, VIST-C
Medical Simulation Corporation, США	Simantha®; модули: сонные артерии, нейрокойлинг [Dawson, 2007]
ЭЙДОС, Россия	Гибридный тренажер ангиографии ЭНСИМ-ЭГ.01, модули: сонные артерии

внешательств в нейрохирургии

Изображение тренажера	Примерная стоимость	Тактильная обратная связь	Пациент-специфичность
	\$62 500 [Gasco, 2013] — \$83 979 [Bargow, 2012]	Да	Да
	—	»	Нет
	—	»	Да
	—	»	Нет
	10 850 000 руб.	»	»

Современные технические способы хирургического лечения аневризм значительно расширились за последние десятилетия, в большей части за счет прогресса в эндоваскулярных технологиях, а также за счет разработки новых оперативных приемов [Крылов, 2011, с дополнениями]:

- 1) клипирование шейки аневризмы [Kretzer et al., 2010];
- 2) клип-реконструкция аневризмы [Bubby et al., 2006];
- 3) проксимальная окклюзия несущей артерии внутрисосудистым баллоном, спиралью или микрохирургическим наложением клипсы (возможно, с последующим выполнением сосудистого шунтирования);
- 4) треппинг-окклюзия проксимальных и дистальных отделов несущего аневризму сосуда (сосудов);
- 5) эндоваскулярная эмболизация аневризмы спиралью (койлинг) [Guglielmi et al., 1991];
- 6) баллон-ассистированный койлинг [Malek et al., 2000], стент-ассистированный койлинг [Piotin et al., 2010];
- 7) установка потокнаправляющих внутриартериальных стентов Pipeline [Fischer et al., 2012];
- 8) окутывание аневризмы хирургической марлей, Gore-Tex [Chen et al., 2014] или свободным мышечным лоскутом;
- 9) микрососудистая реконструкция *in situ* [Quiñones-Hinojosa, Lawton, 2008; Sanai et al., 2009; Jung et al., 2012];
- 10) изменение кровотока с помощью наложения микроанастомозов [Miyamoto et al., 2011; Sato et al., 2012; Kalani et al., 2013; Takemoto et al., 2013].
- 11) применение аденозина для кратковременной остановки сердца и возникновения глубокой гипотензии при проблемах с проксимальным контролем [Khan et al., 2014].

По данным Nagamine, показаниями к операции при неразорвавшихся аневризмах являются все симптоматичные аневризмы, возраст младше 75 лет, аневризмы передней циркуляции, а также более 5 мм [Nagamine, 2004].

По данным В.В. Крылова [2011], операцию следует рекомендовать всем пациентам, если аневризма достигает 10 мм и более в диаметре, за исключением лиц престарелого возраста или с тяжелой соматической патологией. Пациентам с аневризмой до 10 мм в диаметре необходимо динамическое наблюдение нейрохирурга с периодическим выполнением КТ- или МРТ-исследований. Тем не менее пожелание пациента, основанное на осознанном взвешенном осознании рисков и пользы различных опций лечения аневризмы, приоритетно. Спорными факторами за выполнение операции являются активный образ жизни, ра-

бота, связанная с высокой ответственностью, рисками, и молодой возраст.

Выбор метода операции зависит от опыта хирурга и возможностей клиники. Операции по поводу разрыва аневризм можно производить только в тех стационарах, где помимо прочих требований имеются специалисты, владеющие навыками хирургии аневризм.

Эндоваскулярным методам лечения отдают предпочтение при аневризмах труднодоступной для открытого хирургического лечения локализации (кавернозного отдела ВСА, параклиноидного отдела и вертебробазилярного бассейна), у лиц пожилого возраста (старше 75 лет), при фузиформных и расслаивающих аневризмах [Крылов, 2011]. При всем потенциале и минимальной инвазивности эндоваскулярного койлинга его применение ограничено при размерах аневризмы менее 4 мм, в случаях крупных или гигантских аневризм, аневризм с широкой шейкой, имеющих соотношение купол/шейка менее 2/1 [Крылов, 2011]. Тем не менее, по данным Кохрановского обзора, имеются серьезные доказательства, что для пациентов в хорошем клиническом состоянии с разрывом аневризмы передней или задней циркуляции как при открытом, так и при эндоваскулярном вмешательстве койлинг ассоциируется с лучшими клиническими исходами [Van der Schaaf et al., 2005].

Широкое распространение эндоваскулярных технологий послужило значительной внешней силой, провоцирующей ответные изменения в микрохирургии аневризм головного мозга. Она становится менее инвазивной, более привлекательной для пациентов, с меньшими рисками и большей эффективностью в отношении сложных аневризм, особенно тех, при которых невозможно применить эндоваскулярные методы [Davies, Lawton, 2014]. Централизация оказания помощи таким пациентам служит дополнительной основой для улучшения качества хирургического лечения пациентов с аневризмами головного мозга и стимулом для совершенствования микронейрохирургических навыков нейрохирургами [Davies, Lawton, 2014].

9.8. Оценка риска разрыва и принятие взвешенного решения клипирования неразорвавшейся аневризмы

Выбор тактики ведения пациентов с неразорвавшимися аневризмами артерий головного мозга не всегда однозначен. Частота разрывов церебральных аневризм составляет около 5–10 слу-

чаев на 10 000 населения в год, несмотря на то, что их встречаемость в популяции оценивается в 1–2 %. Это свидетельствует о том, что не все артериальные аневризмы разрываются [Aliboye et al., 2015]. В момент разрыва аневризмы, в зависимости от локализации, происходит кровотечение или в ткань головного мозга (внутричерепное кровоизлияние), или, как это бывает чаще, в подпаутинное пространство — субарахноидальное кровоизлияние, последствия которого в 50 % случаев неблагоприятны. Выработка адекватных показаний и высокий уровень безопасности хирургической техники остаются чрезвычайно важными аспектами лечения неразрывавшихся аневризм, потому что операция выполняется субъективно «почти здоровому» человеку.

В данном разделе описаны анализ принятия взвешенного решения о микрохирургическом лечении небольших неразрывавшихся аневризм и особенности оперативной техники на примере клинического наблюдения.

Пациент Б., 45 лет. Поступил в центр нейрохирургии Дорожной клинической больницы на ст. Иркутск-Пассажирский для решения вопроса о тактике лечения после случайного обнаружения при магнитно-резонансной томографии (МРТ) церебральной аневризмы. МРТ-исследование выполнил самостоятельно из-за периодических головных болей. Эпизодов сильной резкой головной боли не отмечал. Курил 1,5 пачки сигарет в день, алкоголь употреблял умеренно. Прием наркотических веществ отрицал. Артериальной гипертензией не страдал. В семейном анамнезе цереброваскулярных заболеваний не отмечалось. Вел активный образ жизни, работал руководителем предприятия.

Объективный статус без особенностей. При компьютерной томографии визуализирована мешотчатая двудолевая аневризма передней соединительной артерии с широкой шейкой и диаметром купола 7 мм (рис. 54). Диагноз: неразрывавшаяся аневризма передней соединительной артерии (I67.1 по МКБ-10). Степень WFNS — 0. После обсуждения естественного течения заболевания и рисков разрыва аневризмы, опций лечения, потенциальных исходов и осложнений пациент выбрал микрохирургическое клипирование в плановом порядке.

Выполнены лобно-височная краниотомия и микрохирургическое клипирование аневризмы. Под внутривенной анестезией с искусственной вентиляцией легких, с поворотом головы влево на 30° и трехточечной фиксацией в скобе Mayfield, после обработки операционного поля проведен разрез кожи и мягких тканей в лобно-височной области справа. Гемостаз кожными клипсами. Височная мышца отделена от подлежащей кости монополярным коагулятором. Кожно-мышечный лоскут единым блоком отвернут к основанию и зафиксирован пружинными крючками. Краниотомом в лобно-теменно-височной области наложено шесть фрезевых отверстий, при помощи L-образной насадки

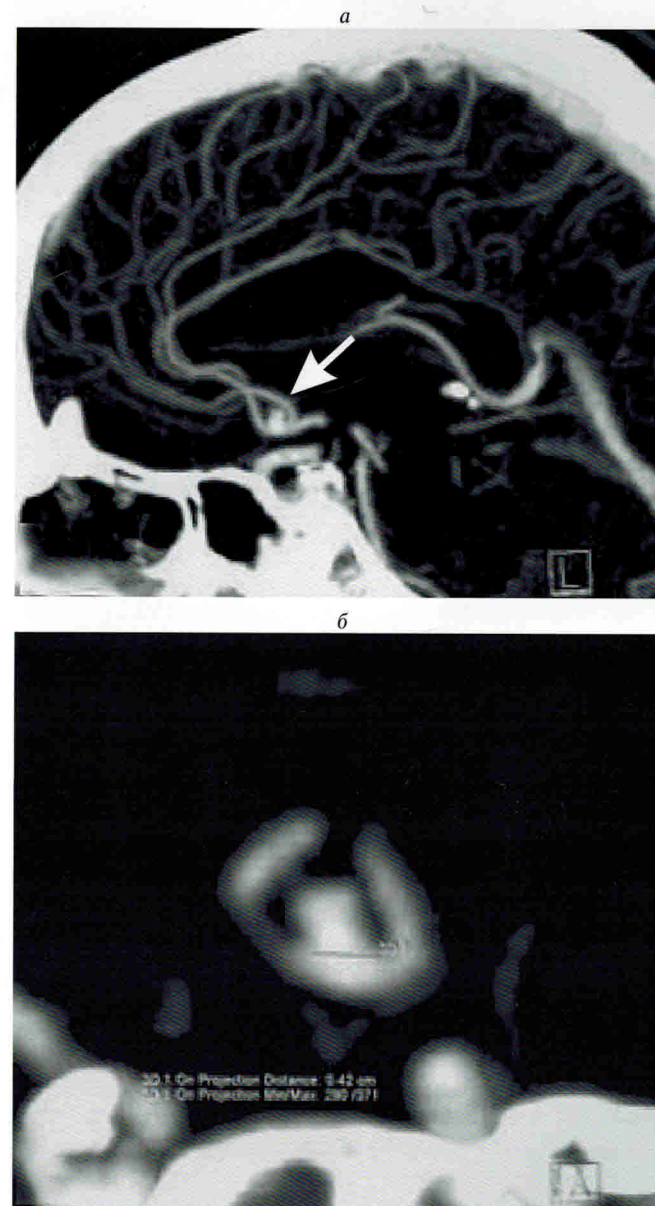


Рис. 54. Предоперационная ангиограмма.

а — сагиттальная проекция (стрелкой указана аневризма); *б* — фронтальная проекция (видны сегменты А2 передних мозговых артерий, аневризма передней соединительной артерии).

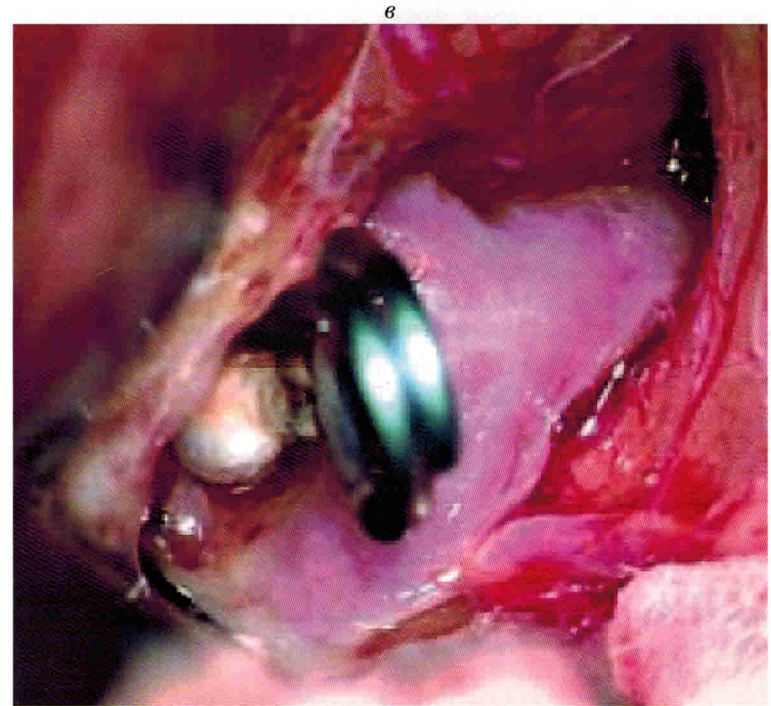
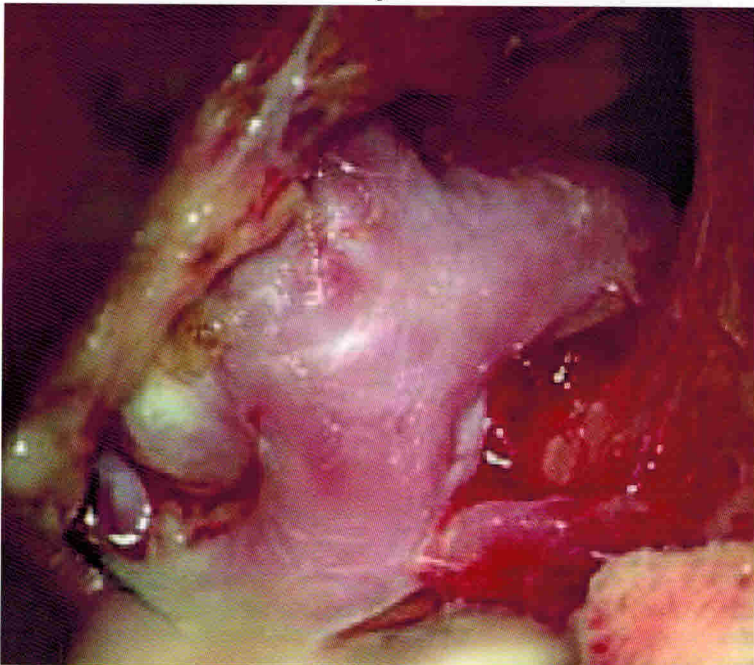
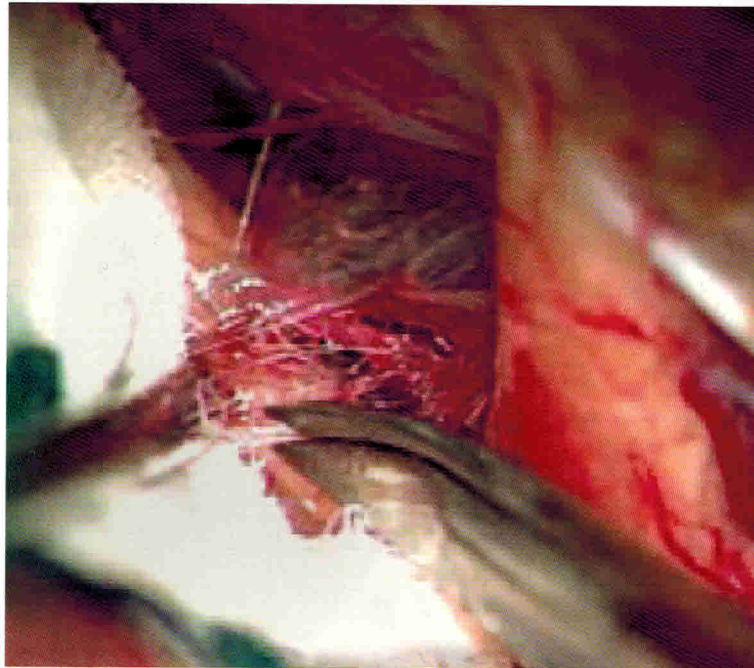


Рис. 55. Интраоперационные фотографии.

а — острая арахноидальная диссекция; *б* — отделение шейки и дна аневризмы от перфорантных сосудов из арахноидальных сращений; *в* — на шейку аневризмы наложена прямая постоянная клипса Sugita.

выпилен костный лоскут размером $4,5 \times 5,5$ см. Кусачками и высокоскоростной дрелью костное окно расширено в направлении основания черепа, резецирован гребень клиновидной кости. Твердая мозговая оболочка отделена от костного лоскута шпателем. Тонким сверлом в крае костного окна выполнены косые отверстия, за которые твердая мозговая оболочка подшита к кости по периметру отдельными узловыми швами (Prolene 4–0) и вскрыта дугообразно (лоскут откинут к основанию, взят на держалки). Под микроскопом с использованием микрохирургической техники острой диссекцией байонетными микроножницами в разных направлениях широко открыта арахноидальная цистерна Сильвиевой щели до визуализации внутренней сонной и ипсилатеральной средней мозговой артерий (рис. 55, *а*). Ретракция лобной и височной долей происходила самостоятельно за счет гравитации из-за позиционирования головы в положении экстензии, а также дополнительно с помощью системы двух самоудерживающихся ретракторов Yasargil и мозговых шпателей с обязательной подкладкой ватников для

защиты мозга. Обонятельные тракт и луковица отделены от лобной доли и укрыты Surgicel fibrillar. Ранняя острая диссекция предотвращает тракцию и травматизацию обонятельного тракта. Острой диссекцией микроножницами и диссектором произведен доступ к ипсилатеральному сегменту А1 сосуда для проксимального контроля.

Правая прямая извилина частично резецирована аспиратором для визуализации сегментов А1 и А2 передней мозговой артерии, артерий Neubner и дна аневризмы полностью [Horikoshi et al., 1992]. На контралатеральный сегмент А1 для снижения давления внутри аневризмы наложена временная прямая клипса. Для диссекции цистерны межполушарной щели может быть использован прием, когда контралатеральная часть сращений дорзальной поверхности хиазмы не рассекается и упрощает доступ в межполушарную щель [Kashimura et al., 2010]. Шейка и дно аневризмы отделены от перфорантных сосудов из арахноидальных сращений (рис. 55, б). Особенностью здесь отмечена острая диссекция с использованием микроножниц.

Разделение арахноидальных сращений перфорантных сосудов и дистальных ветвей выполнено с минимальной тракцией дна аневризмы. Временная клипса снята (время клипирования 20 мин, кровотоков в дистальных отделах передней мозговой артерии происходил за счет состоятельной передней соединительной артерии). Проведена интраоперационная ангиография с индоцианином зеленым для визуализации кровотока и ангиоархитектоники мелких перфорантных ветвей. На шейку аневризмы наложена прямая постоянная клипса Sugita.

Для контроля радикальности выключения аневризмы выполнена пункция ее дна иглой 23G. Твердая мозговая оболочка ушита непрерывным обвивным швом (Prolene 4–0) наглухо с аппликацией пластины «Тахокомб» для герметичного закрытия. Костный лоскут фиксирован четырьмя титановыми пластинами CranioFix (Aescular, США) с наложением подтягивающего шва на твердую мозговую оболочку к центру костного лоскута для профилактики эпидуральной гематомы. Операционная рана ушита послойно. Височная мышца и апоневроз ушиты отдельными узловыми швами (Vicryl 3–0). Наложены металлические скобы на кожу и асептическая повязка. Время операции составило 5 ч 15 мин, кровопотеря — 50 мл. Пациент экстубирован в палате реанимации и переведен в отделение нейрохирургии на следующие сутки. Течение послеоперационного периода гладкое, головные боли в области вмешательства купировались нестероидными противовоспалительными средствами. Кожные скобки сняты через 10 дней, заживление первичным натяжением. Исход по шкале исходов ком Глазго — 5 баллов.

К факторам риска разрыва аневризм относят возраст, женский пол, курение, гипертонию, атеросклероз, употребление наркотических веществ, алкоголизм, инфекции крови, а также локализацию, размеры и дольчатость аневризмы [Бывальцев, 2010]. Наследственные заболевания, предрасполагающие к разрыву анев-

ризм, включают наследственную патологию соединительной ткани, такую как синдром Ehlers — Danlos, поликистоз почек взрослых, артериовенозные пороки развития. Анализируется семейный анамнез. При решении о целесообразности вмешательства для выключения неразорвавшейся аневризмы из кровотока следует учитывать комплекс факторов (табл. 10) [Etminan et al., 2014].

Рассмотрим статистический расчет рисков, который обсужден перед операцией для пациента, представленного в клиническом примере. Ежегодный естественный риск разрыва неразорвавшейся аневризмы передней соединительной артерии составляет 0,75 % (0,28–2,02 %) для аневризм размером 5–6 мм, по данным японского исследования UCAS [Morita et al., 2012], и 0 % — для аневризм менее 7 мм без предшествующего субарахноидального кровоизлияния (САК) и 0,5 % — для аневризм размером 7–12 мм, по данным ISUIA [Wiebers et al., 2003].

Данные ISUIA о ежегодном риске разрыва аневризм передней соединительной артерии оспариваются. Исследование @neurIST (2013), объединившее 932 пациента с впервые выявленной аневризмой, показало, что аневризмы передней циркуляции относятся к неомогенной нозологической группе. В частности, аневризмы передней соединительной артерии имеют такое же отношение шансов на разрыв, как и аневризмы задней циркуляции [Bijlenga et al., 2013]. Ежегодный риск разрыва аневризм задней циркуляции, по данным ISUA, составляет 0,5 % для аневризм размером менее 7 мм без САК и 3,1 % — для аневризм размером 7–12 мм [Wiebers et al., 2003]. Авторы @neurIST заключили, что пациентам с мелкими аневризмами передней соединительной артерии (менее 7 мм) следует рекомендовать хирургическое лечение [Bijlenga et al., 2013]. Это согласуется с выводами финских исследователей о том, что аневризмы передней соединительной артерии часто приводят к САК даже при малых размерах и риск их разрыва выше, чем оценивалось ранее, вне зависимости от размера [Hernesniemi, Koivisto, 2004].

Обсуждая риски и пользу, связанные с лечением аневризмы, следует обратить внимание на общие и специфические аспекты. Риск интраоперационного разрыва аневризмы передней соединительной артерии (все случаи с разрывом и без) в недавнем систематическом обзоре оценен в 9,2 % [Bijlenga et al., 2013]. В общем показано, что этот риск не зависит от опыта хирурга и увеличивается с размером аневризмы. Риск доступа включает повреждение лобного синуса и связанную с ним потенциальную назальную ликворею с возможностью развития менингита. Час-

10.11. Классификация прямых сосудистых шунтирующих операций

Ранее, рассматривая методы хирургического лечения болезни мойя-мойя, мы немного коснулись типов шунтирующих операций на сосудах головного мозга, однако это далеко не полный перечень всех типов операций шунтирования. В настоящее время опубликовано большое количество клинических случаев и серий наблюдений, в которых при описании техники шунтирующих сосудистых операций используются разнообразные подходы и термины. В связи с этим считаем необходимым уточнить определения применяемых терминов, классифицировать множество разработанных к настоящему времени стратегий и оперативных техник выполнения сосудистых шунтирующих операций на головном мозге.

Коллатеральный кровоток для лечения или предотвращения ишемии головного мозга может быть создан при шунтирующих операциях путем выполнения прямых, непрямых и комбинированных анастомозов [Бывальцев, 2008, 2010].

Концепция непрямых реваскуляризирующих операций заключается в создании искусственно оптимизированных для неоваскуляризации условий путем прикрепления к поверхности головного мозга различных тканей (апоневроз, мышца, большой сальник и др.). Техника прямых шунтирующих операций заключается в хирургическом создании соустья между несколькими сосудами. В настоящей работе на основании личного опыта авторов и данных литературы предпринята попытка представить объединенную классификацию прямых сосудистых шунтирующих операций:

По цели шунтирования

- Увеличение кровотока
- Замещение кровотока

По объему кровотоку по шунту (анастомозу)

- Низкопроточные (< 50 мл/мин)
- Высокопроточные (> 50 мл/мин)

По анастомозируемому артериальным бассейнам

- Экстраинтракраниальное шунтирование
- Интраинтракраниальное шунтирование (включает реконструкции *in situ*)
- Экстраэкстракраниальное шунтирование

По стороне шунтирования

- Ипсилатеральное

- Билатеральное
- Контралатеральное (по типу шапочки)

По вариантам реконструкции *in situ*

- Реанастомозирование (конец в конец)
- Реимплантация (конец в бок)
- Анастомоз бок в бок

По материалу для сосудистого трансплантата

- Аутотрансплантат
- Ксенотрансплантат
- Трансплантат с использованием метода тканевой инженерии
- Искусственный трансплантат

По виду сосудистого аутотрансплантата

- На ножке
 - Поверхностная височная артерия
 - Затылочная артерия
- Свободный
 - Венозный
 - Подкожная вена бедра
 - Подкожная вена предплечья
 - Артериальный
 - Лучевая артерия
 - Поверхностная височная артерия
 - Торакодорзальная артерия

По длине сосудистого трансплантата

- Короткий
- Длинный
- Тандемный

По кровотоку в сосуде при анастомозировании

- Окклюзионный
- Неокклюзионный

По локализации проксимального анастомоза

- Проксимальные артерии
 - Подключичная артерия
- Бифуркация сонной артерии
 - Общая сонная артерия
 - Наружная сонная артерия
 - Внутренняя сонная артерия
 - Шейный сегмент
 - Каменистый сегмент
- Ветви наружной сонной артерии
 - Поверхностная височная артерия
 - Затылочная артерия
 - Верхнечелюстная артерия
- Позвоночные артерии
 - V1-сегмент до входа в поперечные отверстия
 - V2-сегмент на протяжении поперечных отверстий
 - V3-сегмент

По локализации дистального анастомоза

- Область передней циркуляции
 - Каменистый сегмент ВСА
 - Супраклиноидный сегмент ВСА
 - Передняя мозговая артерия
 - А2
 - А3
 - А4
 - Средняя мозговая артерия
 - М1
 - М2
 - М3
 - М4
- Задняя циркуляция
 - Задняя мозговая артерия
 - Р2
 - Р4
 - Позвоночная артерия
 - V3
 - V4
 - Задняя нижняя мозжечковая артерия
 - Передняя нижняя мозжечковая артерия
 - Верхняя мозжечковая артерия

По вариантам дистального анастомоза

- Комбинированный (с непрямым анастомозом)
- Поддерживающий (низкопроточный по отношению к высокопроточному)
- Одиночный
- Двойной
 - Y-образный
 - Последовательный

По расположению сосудистого трансплантата

- Интракраниальное
- Экстраинтракраниальное
 - Под скуловой дугой
 - Над скуловой дугой
 - Поднижнечелюстное
 - В области краниовертебрального перехода сзади

Цель сосудистого шунтирования

Попытки систематизации реконструктивных сосудистых шунтирующих операций предпринимались ранее. М. Корья с соавт. [2012] предлагают классифицировать сосудистые шунтирующие операции на следующие виды: 1) заместительные (например, для замещения ВСА, которая по определенным причинам будет окклюзирована); 2) протекционные (в случае окклюзии несущего

сосуда при реконструкции аневризмы); 3) восстановительные (анастомозы между поверхностной височной артерией и средней мозговой артерией — ПВА-СМА в случае болезни мойя-мойя). Существует другая концепция. В случаях ишемии головного мозга или сниженного кровотока стратегия ревазуляризации направлена на поддержку гемодинамически компримированного бассейна головного мозга с целью профилактики и предотвращения прогрессирования, а также лечения имеющихся ишемических изменений. Для таких шунтирующих операций предложено применение термина «blood flow augmentation» — *увеличение кровотока* [Batjer, Jamson, 1986]. В большинстве случаев хирургического треппинга аневризм шунтирование направлено на замещение существующего нормального кровотока через несущую аневризму артерию и ее дистальные ветви, поэтому для описания такого подхода употребляют термин «blood flow replacement» — *замещение кровотока* [Amin-Hanjani et al., 2010]. Показаниями к выполнению заместительного шунтирования могут служить доброкачественные и злокачественные опухоли, компримирующие крупные артерии, сосудистые поражения: гигантские аневризмы и артериовенозные фистулы, травматические и ятрогенные повреждения сосудов. При создании шунтирования для лечения сложных аневризм выбор между увеличением кровотока либо замещением кровотока основан на оценке потребности в кровотоке. Пригодным можно считать как низкопроточное, так и высокопроточное шунтирование, но последнее имеет преимущество в связи с тем, что способно обеспечивать схожий с ВСА объем кровотока.

Объем кровотока по шунту (анастомозу)

Объемная скорость кровотока рассматривается как еще один критерий классификации шунтирующих сосудистых операций в нейрохирургии. Исторически, согласно широко употребляемым в научной литературе терминам, операции разделяют на анастомозы с высоким током крови (высокопроточные, широкопроточные, высокоскоростные) — «high flow» и низким током крови (низкопроточные, низкоскоростные) — «low flow». Имеется также упоминание о среднепроточных анастомозах [Корья и др., 2012]. Под низкопроточным шунтированием обычно подразумевается анастомоз ПВА–СМА, а под высокопроточным — шунтирование между сонной артерией на шее и церебральной артерией в полости черепа с использованием сосудистого шунта [Spetzler et al., 1990; Ramina et al., 2000; Liu et al., 2003]. Технически при описании операции термины «высокий ток крови» и «низкий

ток крови» относятся к анастомозу или сосудистому трансплантату в целом и зависят от потоковой скорости менее 50 мл/мин либо более 50 мл/мин [Quiñones-Hinojosa et al., 2005], либо [Корья и др., 2012] низкопроточные — менее 25 мл/мин, высокопроточные — более 70 мл/мин. Однако во многих опубликованных работах скорость кровотока объективно не измерялась.

Mohit классифицирует шунтирования как высокопроточные, когда использовался сосудистый трансплантат из ЛА или ПВБ, остальные варианты анастомозов описывает как низкопроточные: ПВА-СМА, А3-А3-анастомоз, реимплантация, первичное ушивание, ЗНМА-ЗНМА, анастомоз с ЗА, ПВА-ВМА, ЗНМА-ПНМА [Mohit et al., 2007]. Kawashima определяет низкопроточным шунтированием, которое используется для покрытия относительно небольшой области, в то время как высокопроточное используется для большей области [Kawashima et al., 2005]. Он также отнес сосудистые трансплантаты на ножке в разряд низкопроточных, а свободные трансплантаты (ПВБ, ЛА) — высокопроточных [Kawashima et al., 2005]. Высокопроточное шунтирование обычно обеспечивает объемный кровоток около 50–120 мл/мин, выполняется с использованием свободных сосудистых трансплантатов и обычно используется для замещения кровотока в случаях, когда планируется перекрыть кровоток по крупному сосуду.

Классифицировать анастомозы по диаметру сосуда-донора нет необходимости, так как конечный объем кровотока зависит главным образом от адаптационных свойств стенки сосуда, что может быть отмечено уже в первые часы после наложения анастомоза [Корья и др., 2012]. В таком случае принято считать, что наложенный анастомоз, постепенно смещая зону динамического равновесия кровотока, входит в конфликт с имеющимся кровообращением полушария и постепенно, по мере снижения градиента давления в нем, тромбируется [Элиава, 2012]. Таким образом, в настоящее время классифицировать шунтирование по скорости кровотока следует после прямого ее измерения.

Анастомозируемые артериальные бассейны

Принципиально по анатомо-топографическому признаку сосудистые шунтирования можно разделить на интраэкстракраниальные, интраинтракраниальные и экстраэкстракраниальные. С другой стороны, Martin выделил четыре типа реваскуляризации головного мозга [Martin et al., 1997]:

1-й — интерпозиционные сосудистые венозные трансплантаты (С3–С5-шунтирование);

2-й — экстраинтракраниальные сосудистые шунтирования с использованием ПВБ или ЛА;

3-й — экстраинтракраниальные сосудистые шунтирования с использованием артерий скальпа;

4-й — прямая интракраниальная реваскуляризация, включающая анастомозирование двух соседних церебральных артерий (СМА-СМА, ЗНМА-ЗНМА).

Сторона шунтирования

Обычно артерия-донор находится на той же стороне, что и артерия-реципиент — ипсилатеральное шунтирование. При трудностях с выбором артерии-донора возможны другие варианты: тандемное шунтирование, шунтирование по типу шапочки (англ. «bonnet» bypass). Такое шунтирование заключается в проведении сосудистого трансплантата под апоневрозом черепа из контралатеральной стороны по типу шапочки [Spetzler et al., 1990]. Билатеральное шунтирование может быть выполнено из единого межполушарного доступа для обеих ПМА с использованием сосудистого трансплантата Y-образной формы [Jain et al., 2012]. Билатеральное шунтирование при болезни мойя-мойя выполняется для обеих гемисфер, из двух доступов в один или два этапа, с использованием различных артерий-доноров [Бывальцев, 2011; Kuroda et al., 2012].

Варианты реконструкции *in situ*

Реконструкция сосудов, например при операциях по поводу технически сложных церебральных аневризм, может проводиться на месте (*in situ*) с восстановлением кровотока без использования донорской артерии. Такие реконструкции обычно более сложные, так как манипуляции и наложение анастомозов проводятся в глубокой и узкой операционной ране. В то же время анализ результатов реконструкций *in situ* показывает, что они менее подвержены повреждению и окклюзии [Корья и др., 2012; Quiñones-Hinojosa et al., 2005].

Quiñones-Hinojosa и Lawton представили серию реконструкций *in situ* и предложили следующую их классификацию [Quiñones-Hinojosa et al., 2005; Lawton, 2011]:

- реанастомозирование — создание анастомоза конец в конец;
- реимплантация — создание анастомоза конец в бок;
- анастомозы между артериями разных бассейнов циркуляции, расположенных топографически рядом друг с другом (в