

ЛАЗАРЯН ТИГРАН РАФАЕЛОВИЧ

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОБОСНОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ
СТЕНТИРОВАНИЯ ВНУТРЕННЕЙ СОННОЙ АРТЕРИИ
ПРИ ЕЕ ПАТОЛОГИЧЕСКОЙ ИЗВИТОСТИ**

специальность 14.00.44 – сердечно-сосудистая хирургия

специальность 14.00.02 – анатомия человека

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени

кандидата медицинских наук

Работа выполнена в Государственном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Российский государственный медицинский университет Федерального агентства по здравоохранению и социальному развитию»

Научные руководители:

Академик РАМН, доктор медицинских наук, профессор
ПОКРОВСКИЙ АНАТОЛИЙ ВЛАДИМИРОВИЧ, Лауреат
Государственных Премий СССР и РФ
Доктор медицинских наук, профессор
ВЛАДИМИРОВ ВЛАДИМИР ГАВРИЛОВИЧ

Официальные оппоненты:

Доктор медицинских наук, профессор
ЧУПИН АНДРЕЙ ВАЛЕРЬЕВИЧ. Кафедра хирургии, эндоскопии и
анестезиологии Института повышения квалификации ФМБА РФ.
Член-корр. РАМН, доктор медицинских наук, профессор
КИРПАТОВСКИЙ ИГОРЬ ДМИТРИЕВИЧ. Российский
университет дружбы народов. Кафедра оперативной хирургии и
топографической анатомии с курсом андрологии.

Ведущая организация:

Научный центр сердечно-сосудистой хирургии им. А.Н. Бакулева РАМН.

Защита состоится « 02 » сентября 2008 г.
в 14 часов, на заседании диссертационного совета Д208.072.03 при
Государственном образовательном учреждении высшего профессионального
образования «Российский государственный медицинский университет
Федерального агентства по здравоохранению и социальному развитию» по адресу:
117997, Москва, ул. Островитянова, д.1

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ГОУ ВПО РГМУ Росздрава
(117997, Москва, ул. Островитянова, д.1)

Автореферат разослан « 30 » августа 2008 г.

Ученый секретарь диссертационного совета
Доктор медицинских наук, профессор

Цициашвили М.Ш.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы. Среди разнообразных причин ишемических нарушений мозгового кровообращения особое место занимают патологические извитости, перегибы и петли внечерепных отделов сонных артерий. Частота таких поражений среди населения неизвестна, однако по данным П.О. Казанчян (2005) и А.В. Покровского (2005) подобные аномалии (по результатам ангиографического исследования) встречаются у 5% от общего числа обследуемых по причине острого нарушения мозгового кровообращения и у 24 % пациентов, которым ангиография выполнялась при наличии симптомов атеросклеротического поражения сонных артерий.

Клиническая значимость патологической извитости сонных артерий была доказана лишь во второй половине XX-го века [Б.В. Петровский, 1970; Detrick. J., et al., 1965].

Патологическое удлинение сонных артерий может иметь три разновидности: извитость или дегенеративные изменения (артерии изгибаются и приобретают S – образную форму); перегибы (под острым углом); петли (перегибы образуют кольцо). Причины возникновения таких изменений до сих пор окончательно не выявлены, но большинство авторов [Э.М. Баркаускас, 1989; Memasic Leslie, 1987; Zanetti, 1997] считает, что извитость сонных артерий является результатом врожденных или приобретенных факторов. Неоднозначность расположения сонных артерий, а именно множественные варианты анатомии экстракраниальной части внутренней сонной артерии, которые свою очередь доступны для хирургических вмешательств только на ограниченных участках, определяют повышенную заинтересованность к детальному топографоанатомическому изучению изменчивости экстракраниальной части внутренней сонной артерии, по сути – главной магистрали головного мозга. Анализ данных литературы показывает, что накоплен большой материал о закономерностях и механизмах нарушений мозгового кровообращения при патологических деформациях внутренних сонных артерий. Однако эти работы в большинстве случаев посвящены влиянию атеросклеротического поражения. В то же время, практически мало сведений о закономерностях и механизмах нарушения мозгового кровообращения при патологической извитости внутренней сонной артерий.

Лечение поражений сонных артерий является одной из сложных проблем в ангиохирургии. В последнее время в лечении сосудистых заболеваний, в том числе при поражении ветвей дуги аорты, помимо традиционных хирургических вмешательств все шире применяют эндоваскулярный (транскатетерный) метод, соответствующий всем требованиям современной высокотехнологичной медицины [Б.А. Алекаян и др., 2001]. Отсюда становится понятным интерес к новому методу лечения, который, в ряде случаев, может являться альтернативой значительно более травматичной хирургической операции. В настоящее время в доступной литературе нами найдены единичные сообщения об эндоваскулярном методе коррекции патологической извитости внутренней сонной артерии. Эти данные не полностью раскрывают возможности использования эндоваскулярных методик при различных видах извитости внутренней сонной артерии, что требует дальнейшего всестороннего изучения вопроса.

Цель работы: Экспериментально обосновать возможность и разработать технику стентирования внутренней сонной артерии при различных видах ее патологической извитости.

Задачи исследования:

1. Описать хирургическую анатомию внутренней сонной артерии в ходе экспериментального исследования и проанализировать изменения различных видов ее патологической извитости в зависимости от поворотов головы.
2. Создать экспериментальные модели (in vitro и in vivo), позволяющие провести гидродинамическую оценку и визуализацию потоков жидкости при различных видах патологической извитости внутренней сонной артерии.
3. В эксперименте разработать технику стентирования при разных видах патологической извитости внутренней сонной артерии.
4. Проанализировать анатомические и гидродинамические изменения при различных видах патологической извитости внутренней сонной артерии после стентирования и оценить эффективность использования данного эндоваскулярного вмешательства.
5. Разработать рекомендации по использованию стентирования при различных видах патологической извитости внутренней сонной артерии в эндоваскулярной хирургии.

Научная новизна:

Впервые в экспериментальных топографоанатомических исследованиях предложено учитывать билатеральные изменения внутренней сонной артерии, влияющие на ее деформацию, в различных возрастных группах. Создан способ визуализации потоков жидкости с помощью УЗИ. Разработана экспериментальная модель для исследования гидродинамики в сосудах in vitro и in vivo. Данная модель впервые использована в топографоанатомическом эксперименте по изучению различных видов патологической извитости внутренней сонной артерии.

Разработана методика стентирования внутренней сонной артерии при различных видах ее патологической извитости на трупах с исследованием функциональных изменений, происходящих после эндоваскулярной коррекции данной патологии. В настоящее время данная методика не имеет полных аналогов. Впервые предложен дифференцированный подход в использовании стентирования при перегибе под углом 90°, S-образной и петлеобразной извитости внутренней сонной артерии.

Практическая значимость:

На экспериментальном материале доказана возможность и разработана техника стентирования внутренней сонной артерии при различных видах ее патологической извитости. Использование эндоваскулярной методики при данной патологии позволяет улучшить результаты хирургической коррекции внутренней сонной артерии, упростить ее технику, снизить объем, длительность и травматичность оперативного вмешательства, повысив эффективность восстановления кровотока по внутренней сонной артерии. Методика расширяет диапазон операбельности больных с высокой степенью операционного риска.

Апробация работы:

По результатам исследования опубликовано 10 печатных работ. Материалы доложены на заседаниях кафедры оперативной хирургии и топографической

анатомии РГМУ с участием сотрудников отделения рентгенохирургических методов диагностики и лечения ФГУ «Института хирургии им. А.В. Вишневского Росмедтехнологий» (2006-2007гг.) на XV Всероссийской конференции с международным участием «Актуальные вопросы прикладной анатомии и хирургии» (Санкт-Петербург, 2007г.). Апробация работы проведена на расширенном заседании кафедры оперативной хирургии и топографической анатомии ГОУ ВПО РГМУ Росздрава совместно с сотрудниками института хирургии им. А.В. Вишневского 28.11.2007г.

Объем и структура работы:

Диссертация изложена на 122 страницах машинописного текста и состоит из введения, четырех глав, заключения, выводов, практических рекомендаций и списка литературы. Работа иллюстрирована 38 рисунками и диаграммами, 20 таблицами. Список литературы включает 165 наименований, из них – 63 отечественных и 102 зарубежных источника.

Положения, выносимые на защиту:

1. Возможность измерения гидродинамики при разных формах патологической извитости как *in vitro*, так и *in vivo*.
2. Любая патологическая извитость внутренней сонной артерии оказывает значительное гидродинамическое сопротивление току крови.
3. При извитостях внутренних сонных артерий возможна коррекция путем стентирования.
4. Стентирование возможно и оно позволяет устранить гидродинамическое сопротивление при различных формах патологической извитости внутренней сонной артерии.
5. Коррекция патологической извитости путем стентирования менее травматична по сравнению с известными оперативными методами и расширяет показания к хирургическому лечению данной категории больных.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследование хирургической анатомии внечерепной части внутренней сонной артерии и особенностей различных видов ее извитостей проведено на 164 препаратах сонных артерий с обеих сторон, полученных от 82 небальзамированных трупов взрослых женщин (n=42) и мужчин (n=40). Из них 30 трупов (17 женского и 13 мужского пола) в возрасте от 50 до 87 лет составили контрольную группу. Средний возраст $67,2 \pm 10,7$ лет. Причина смерти в контрольной группе не была связана с острым нарушением мозгового кровообращения. 52 трупа людей, умерших от острого нарушения мозгового кровообращения, имели патологическую извитость внутренней сонной артерии и были разделены на 3 группы* (таб.1).

Таблица 1.

Распределение трупов (n=82) по группам исследования в зависимости от вида патологической извитости.

Группы исследования*	Количество	Пол – муж/жен	Средний возраст (M±σ)
Контрольная Группа	30	17/13	67,2±10,7
I	17	7/10	73,1±6,9
II	23	10/13	67,1±9,3
III	12	6/6	68,3±8,6

*Примечание: Группы исследования: I – группа с извитостью внутренних сонных артерий под углом 90°; II – с S – образной извитостью; III – с петлеобразной деформацией сосуда.

В I группу были включены 17 трупов в возрасте 60-80 лет с извитостью внутренней сонной артерии под углом 90°. У 10 субъектов была поражена правая артерия, у 7 - левая. Во II группу вошли 23 трупа людей в возрасте от 50 до 80 лет с S-образной извитостью одной из внутренних сонных артерий. Из них - у 15 была извитая правая, у 8 – левая. В III группу вошли 12 трупов в возрасте от 50 до 87 лет с петлеобразной извитостью внутренней сонной артерии. Из них - у 7 наблюдалась извитость справа, а у 5 - слева.

В ходе топографоанатомического исследования измерялась длина внутренней сонной артерии. Труп укладывался на спину с валиком под головой. Доступ к артериям выполнялся из воротникообразного разреза шеи. Кожный разрез проводился по верхнему краю грудины (ямочной вырезке) и ключиц. Данный разрез в условиях эксперимента позволял осуществить широкий доступ к сосудам шеи и скрыть дефект кожных покровов в зоне воротника. При этом определяли уровень бифуркации общей сонной артерии. За ориентиры принимали расстояние от основания черепа до места бифуркации общей сонной артерии и скелетотопию по отношению к шейному отделу позвоночника.

Во всех группах измеряли длину внутренней сонной артерии в промежутке от начала бифуркации общей сонной артерии до основания черепа, учитывая ее изгибы. Измерения проводили при максимальном повороте головы вправо и влево. При этом подбородок был направлен в сторону плечевого сустава.

Для исследования гидродинамики были разработаны модели следующих видов патологической извитости внутренней сонной артерии: I – перегиб под углом 90°; II – S-образная, III – петлеобразная извитость.

Были использованы 12 внутренних сонных артерий, выделенных из нефиксированных трупов 8 женщин и 4-х мужчин в возрасте от 60 до 87 лет, для проведения эксперимента *in vitro*.

Модель (рис.1) состояла из роторного насоса Hydor Seltz S 30 погружного типа с максимальной производительностью до 600 л/ч, манометра TESTO 506, градуированного в мм рт. ст., подключенного двумя трубками к проксимальному и дистальному концам сосуда для измерения разности давления в двух точках. В качестве циркулирующей жидкости использовался реополиглокин на физиологическом растворе, т. к. его вязкость (около 5,5 мП·с) и плотность (1040 кг/м³) приближены к показателям крови в норме (5 – 6,5 мП·с и 1051 – 1064 кг/м³ соответственно). Объем жидкости составил 5 литров, что в среднем соответствует объему крови в организме взрослого человека.

Жидкость нагнетали через приводящую трубку, которую вводили в проксимальный конец внутренней сонной артерии. Отводящую трубку фиксировали в дистальном конце этой артерии, а ее свободный конец опускали в емкость с реополиглокином в которой находился насос, подсоединенный к приводящей трубке. В отводящей трубке моделировали сопротивление току жидкости путем сужения ее просвета. При этом, давление в сосуде составило в среднем 90,0 ± 4 мм рт.ст.. Это число приближено к среднему периферическому давлению крови в организме человека (норма

от 70 до 105 мм рт. ст.) Для измерения объема жидкости, циркулирующей в системе за одну минуту, использовали емкость (градуированную в мл.), предварительно опустив в нее дистальный конец отводящей трубки.

Градиент давления и объем жидкости, циркулирующей в системе за минуту, измерялись трехкратно при прямом ходе артерии, а также при создании колена под углом 90°, S-образного (два изгиба по 60° на протяжении 5 см) и петлеобразного изгиба с диаметром кольца до 2,5 см (рис. 2). За показатель исследуемых величин принимали среднее значение из трех измерений при каждом виде извитости.

Для определения соответствия гидродинамического сопротивления при описанных деформациях артерии и при ее сужении создавались циркулярные стенозы путем затягивания лигатуры до получения показателей, сопоставимых с таковыми при различных видах патологической извитости. Степень стеноза (по радиусу и площади суженного участка сосуда) измерялась на цифровой ультразвуковой системе GE Vivid 7 Vantage (General Electric Medical Systems) линейным датчиком M12L с активной матричной решеткой и диапазоном частот 4,9 – 14,0 МГц в В-режиме.

Для доказательства гемодинамических нарушений в извитых сосудах оценивали возможность возникновения турбулентности, завихрения и непрямого течения жидкости в изогнутом сосуде с помощью ультразвукового сканера с линейным датчиком.

Для моделирования потоков жидкости в сосуде при разных деформациях была использована силиконовая трубка с толщиной стенки 2 мм и диаметром просвета 6 мм. В модели использовали циркуляцию воды, когда последняя, падая с высоты 10см, возвращалась в сосуд, в котором находился насос погружного типа Hydor Seltz S 30 (Италия) с максимальной производительностью до 600 л/ч. Ультразвуковое исследование потока воды в В-режиме с оценкой спектра доплеровского сдвига частот проводилось на цифровой ультразвуковой системе GE Vivid 7 Vantage (General Electric Medical Systems) линейным датчиком M12L с активной матричной решеткой и диапазоном частот 4,9 – 14,0 МГц. Изображение модели сосуда в В – режиме выглядело как тубулярная структура. Стенки трубки представляли собой две параллельные гиперэхогенные линии, разделенные гипоэхогенным пространством (силикон). Внутренний просвет трубки был анэхогенный (вода) (рис 3).

В дальнейшем было выполнено стентирование патологически извитых внутренних сонных артерий с последующей оценкой гидродинамики в сосудах. Исследование было проведено на 15 нефиксированных трупах людей, умерших от острого нарушения мозгового кровообращения, у которых была обнаружена патологическая извитость внутренней сонной артерии под углом 90° - 6 сосудов (I-

группа), S- образно извитые сосуды в числе 5-ти (II-группа), петлеобразно извитые сосуды в числе 4-х (III- группа) (рис. 4. – рис.6).

На первом этапе измеряли градиент давления между проксимальным и дистальным участками сосуда. Для этой манипуляции был использован роторный насос Hydor Seltz S 30 погружного типа с максимальной производительностью до 600 л/ч, манометр TESTO 506 градуированный в мм рт. ст. Жидкость нагнетали через приводящую трубку, которую вводили в проксимальный участок внутренней сонной артерии в области бифуркации общей сонной артерии. Отводящую трубку фиксировали к дистальному отделу внутренней сонной артерии (у ее входа в основание черепа) через ротовую полость. Проводя трубку, перфорировали диафрагму рта острым путем с помощью зажима «москит» по внутреннему краю I-II коренных зубов, контролируя прокол указательным пальцем со стороны основания черепа. Свободный конец этой трубки опускали в ёмкость, с реополиглокином в которой находился насос, подсоединенный к приводящей трубке. При этом жидкость нагревали до 37°С, что соответствовало температуре крови живого человека. Так же, как и в предыдущей модели, при выходе из отводящей трубки создавали сопротивление путем сужения ее просвета. При этом, давление в сосуде составило в среднем 90 ± 4 мм рт.ст. Одновременно измеряли объем жидкости, циркулирующей в системе за одну минуту, используя аналогичный способ, описанный ранее (рис.7).

На втором этапе исследования выполняли стентирование следующим образом. Пункцировали общую сонную артерию (на произвольно взятом участке) и по ней вводили гидрофильный проводник J-0,035" в просвет внутренней сонной артерии до основания черепа. Далее по проводнику в артерию вводили дилатационный катетер с баллоном диаметром 8 мм и длиной 80 мм (Balton, Польша) и выполняли дилатацию места перегиба внутренней сонной артерии до давления 8 атм., после чего баллон опорожняли и удаляли. По оставленному в просвете артерии проводнику вводили саморасширяющийся нитиноловый стент «Алекс» (КОМЕД, Россия) диаметром 6 мм и длиной 80 мм. При перегибе внутренней сонной артерии под углом 90° стент раскрывали на 3 см выше перегиба, а при S-образной и петлеобразной извитости стент раскрывали максимально близко ко входу в основание черепа. Для плотного прилегания стента к стенке внутренней сонной артерии производили дополнительное раздувание дилатационного баллона в месте имплантации стента.

На третьем этапе повторно измеряли градиент давления между проксимальными и дистальными участками сосуда после стентирования по вышеописанной методике (см. стр. 10).

Четвертым этапом оценивали состояние сосудистой стенки в месте стояния стента с помощью ультразвукового сканирования в В-режиме. Это исследование проводили на цифровой ультразвуковой системе GE Vivid 7 Vantage (General Electric Medical Systems) линейным датчиком M12L с активной матричной решеткой и диапазоном частот 4,9 – 14,0 МГц.

Пятый этап включал в себя макро- и микроскопическую оценку изменений в стенке стентированного сосуда.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В ходе описания хирургической анатомии внутренней сонной артерии и определения уровня бифуркации установлено, что уровень бифуркации общей сонной артерии в контрольной группе (n=30) колебался в пределах от 54 до 82 мм (в среднем $66,2 \pm 7,6$) ниже наружной поверхности основания черепа, а в I группе (n=17) находился в пределах от 62 до 76 мм (в среднем $63,7 \pm 5,9$). Во II группе (n=23) данный параметр колебался в пределах от 54 до 74 мм (в среднем $61,7 \pm 6,1$), в III группе исследования (n=12) - отмечался в пределах от 54 до 69 мм (в среднем $58,5 \pm 4,5$) (таб.2).

При определении вышеописанных показателей, кроме расстояния от основания черепа до места бифуркации, за ориентир мы принимали шейный отдел позвоночника.

В контрольной группе установили, что уровень бифуркации общей сонной артерии колеблется в пределах II и V шейных позвонков. В подавляющем большинстве случаев (23 из 30) он располагался в пределах тела III шейного позвонка и, сравнительно реже, выше и ниже этого уровня.

В первой группе исследования бифуркация общей сонной артерии определялась на уровне третьего шейного позвонка, во второй группе в пределах второго и третьего шейного позвонка, а в третьей группе на уровне второго шейного позвонка. Исследование позволяет сделать заключение, что чем выраженнее патологическая извитость сосуда, тем ближе к основанию черепа располагается бифуркация общей сонной артерии, что создает определенные сложности для их протезирования.

Следующим этапом исследования было измерение во всех группах длины внутренней сонной артерии от начала бифуркации общей сонной артерии до основания черепа.

Длина внутренней сонной артерии в контрольной группе (n=30) колебалась в пределах от 54 до 82 мм (M= $66,2 \pm 7,6$), в I группе (n=17) – была в пределах от 62 до 86мм (в среднем $76,8 \pm 8,4$), во II группе (n=23) – от 67 до 88 мм (в среднем составила $80,5 \pm 5,8$). В III группе (n=12) этот показатель находился в пределах от 67 до 88 мм

(79,3±6,4). Полученные данные свидетельствуют о том, что чем длиннее сосуд, тем более выражена извитость и это может быть причиной ишемического инсульта головного мозга.

При максимальном повороте головы вправо и влево у контрольной группы происходили одинаковые и равные изменения длины внутренней сонной артерии. При повороте головы вправо внутренняя сонная артерия правая укорачивалась в пределах 2,5 – 5,0 мм (в среднем 3,7±0,8 мм); левая удлинялась в пределах 2,5 – 5,0 мм (M=3,7±0,8 мм) и ее укорочение при поворотах влево происходило в пределах 2,5 – 5,0 мм (3,7±0,8 мм).

В I группе у 10 трупов с извитостью сосуда справа при максимальном повороте головы вправо левая внутренняя сонная артерия удлинялась в среднем на 3,7±0,8 мм, тогда как с правой стороны укорочения сосуда не происходило. Однако, с правой стороны отмечалось увеличение деформации внутренней сонной артерии и она приобретала более острый угол изгиба.

При максимальном повороте головы влево происходило укорочение левой внутренней сонной артерии в среднем на 3,7±0,8 мм, тогда как с правой стороны изменения длины внутренней сонной артерии практически не наблюдалось. Однако при максимальном повороте головы влево у 7 трупов с извитостью сосуда слева наблюдалось удлинение внутренней сонной артерии с правой стороны, в среднем на 3,7±0,8 мм, а с левой стороны не происходило ее укорочения. Однако у левой внутренней сонной артерии деформация увеличивалась и она приобретала более острый угол изгиба.

При максимальном повороте головы вправо в I группе происходило укорочение внутренней сонной артерии с правой стороны в среднем на 3,7±0,8 мм, а с левой – изменения длины внутренней сонной артерии практически не наблюдалось.

Во II группе у 15 трупов с извитостью сосуда справа при максимальном повороте головы вправо наблюдалось удлинение внутренней сонной артерии слева в среднем на 3,5±0,7 мм, а с правой стороны – укорочение составило в среднем на 2,8±0,9 мм. Здесь же происходило сближение изгибов. В этой же группе при максимальном повороте головы влево отмечено укорочение внутренней сонной артерии в среднем на 3,5±0,7 мм. Справа внутренняя сонная артерия удлинялась в среднем на 2,8±0,9 мм. Однако при максимальном повороте головы влево у 8 трупов с извитостью сосуда слева наблюдалось удлинение внутренней сонной артерии справа, в среднем на 3,5±0,7 мм, а с левой стороны – уменьшение ее длины в среднем составило 2,8±0,9 мм. Здесь также происходило сближение изгибов. При максимальном повороте головы вправо отмечено

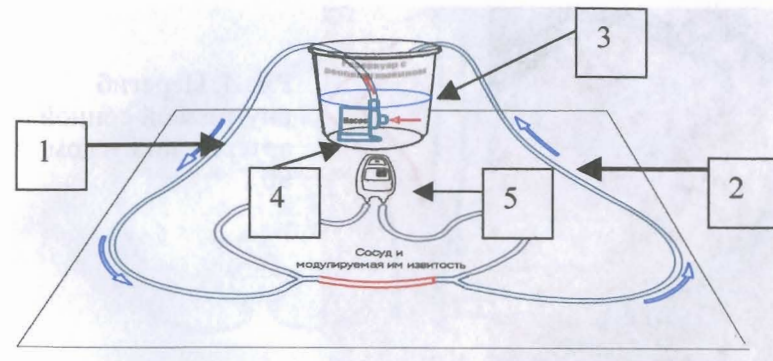


Рис. 1. Схема гидродинамической модели извитости сонных артерий. 1 – отводящая трубка; 2 – приводящая трубка; 3 – емкость с реополиглюкином; 4 – насос погружного типа; 5 – манометр



Рис. 2. Измерение градиента давления и объема жидкости, циркулирующей в системе за минуту, при разных видах извитости.

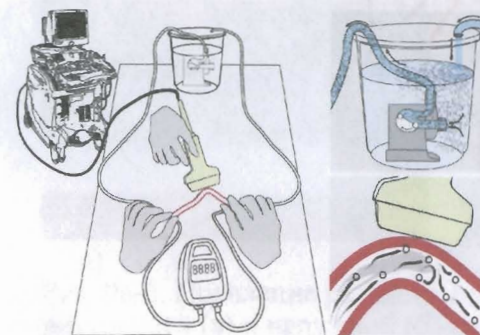


Рис. 3. Модель для визуализации потоков жидкости.

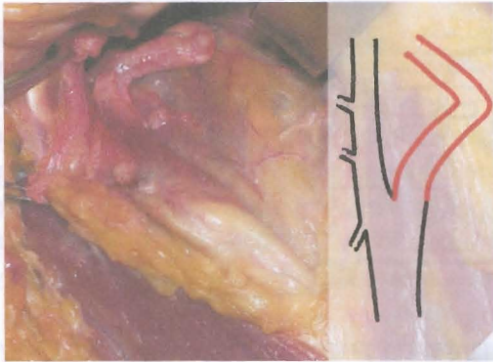


Рис.4. Перегиб внутренней сонной артерии под углом 90°.

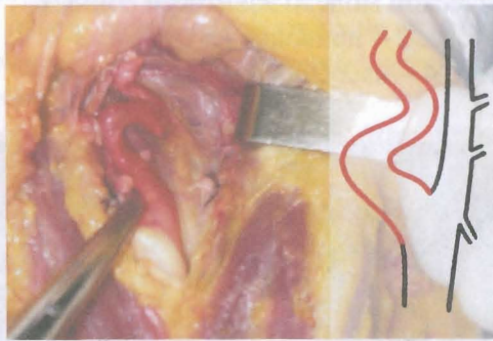


Рис.5. S-образная извитость внутренней сонной артерии.



Рис.6. Петлеобразная извитость внутренней сонной артерии.

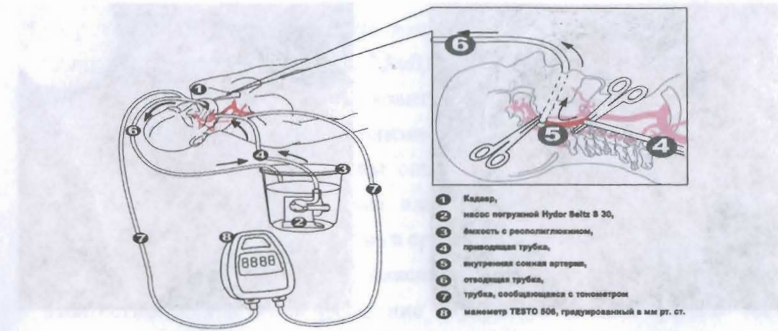


Рис. 7. Модель для исследования гидродинамических показателей разных видов патологической извитости внутренней сонной артерии на трупном материале.

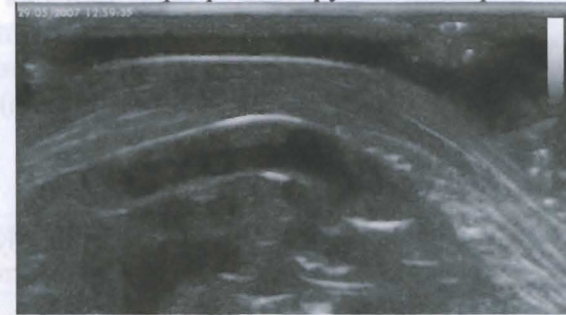


Рис. 8. Визуализация потока жидкости при изгибе трубки с появлением турбулентности.

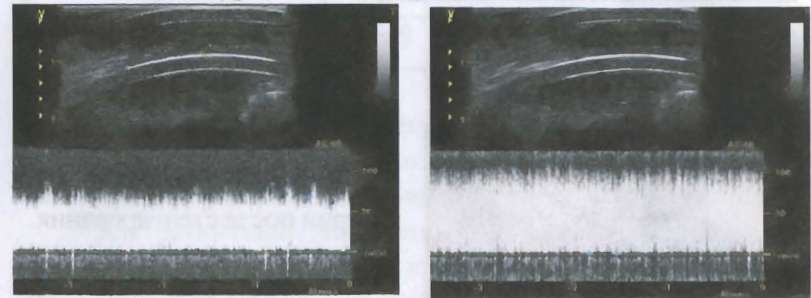


Рис. 9а-б. Появление разности скоростей и давлений между внутренней (а) и наружной (б) стенками.



Рис. 10. S-образная извитость внутренней сонной артерии после введения проводника (видны складки стенки сосуда).

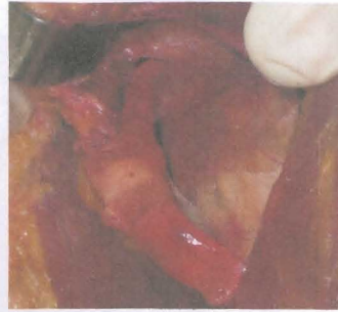


Рис. 11. S-образная извитость внутренней сонной артерии после стентирования (складки стенки артерии расправлены стентом, имплантированным в просвет сосуда).

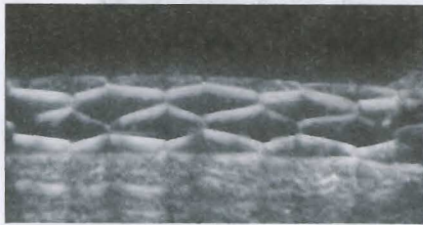


Рис. 12. Ультразвуковое изображение артерии в В-режиме на продольном срезе.



Рис. 13. Макроскопическая картина внутренней сонной артерии после стентирования.

укорочение внутренней сонной артерии в среднем на $3,5 \pm 0,7$ мм, тогда как слева удлинение в среднем достигало $2,8 \pm 0,9$ мм.

В III группе у 7 трупов с извитостью артерии справа при максимальном повороте головы вправо отмечалось удлинение внутренней сонной артерии слева в среднем на $3,0 \pm 0,9$ мм, а с правой стороны она укорачивалась в среднем на $2,4 \pm 0,9$ мм. При максимальном повороте головы влево в этой же группе происходило укорочение внутренней сонной артерии слева в среднем на $3,0 \pm 0,9$ мм, справа – удлинение в среднем на $2,4 \pm 0,9$ мм. Однако при максимальном повороте головы влево у 5 трупов с извитостью сосуда слева удлинение внутренней сонной артерии составляло справа в среднем $3,0 \pm 0,9$ мм, с левой стороны она укорачивалась в среднем на $2,4 \pm 0,9$ мм. При максимальном повороте головы вправо в этой же группе происходило укорочение артерии справа в среднем на $3,0 \pm 0,9$ мм, слева – удлинение в среднем на $2,4 \pm 0,9$ мм.

Таблица 2.

Топография внутренней сонной артерии.

Группы	Количество групп	Расстояние (L) от основания черепа до уровня бифуркации			Длина внутренней сонной артерии	
		L (мм)	M ± σ	Скелетотопия по позвоночнику	L (мм)	M ± σ
Контрольная группа	30	54-82	$66,2 \pm 7,6$	C3	54 - 82	$66,2 \pm 7,6$
I	17	62-76	$63,7 \pm 5,9$	C3	62 - 86	$76,8 \pm 8,4$
II	23	54-74	$61,7 \pm 6,1$	C2-3	67 - 88	$80,5 \pm 5,8$
III	12	54-69	$58,5 \pm 4,5$	C2	67 - 88	$79,3 \pm 6,4$

На основании полученных результатов можно сделать заключение, что поворот головы влияет как на изменения длины сосуда, так и усугубляет его деформацию, что может привести к функциональным нарушениям кровообращения.

Для определения соответствия гидродинамического сопротивления при описанных деформациях артерии и при ее сужении создавались циркулярные стенозы путем затягивания лигатуры на артерии до получения показателей, сопоставимых с таковыми при различных видах патологической извитости. При разных видах извитостей

сосуда под углом 90°, S – и петлеобразной отмечено, что при деформации участка сосуда происходит изменение разности давления и уменьшение объема циркулирующей жидкости за минуту при неизменной мощности насоса. Если при прямом ходе сосуда градиент давления был в среднем 0,9±0,1 мм рт. ст., а объем циркулирующей жидкости 280±8,7 мл/мин, то при перегибе под углом 90° градиент давления в среднем составил 15,3±0,9 мм рт. ст., объем циркулирующей жидкости – 220±9,2 мл/мин. В случае S – образной извитости градиент давления был в среднем 17,9±0,8 мм рт. ст., объем циркулирующей жидкости – 183±10 мл/мин., а при петлеобразной извитости градиент давления в среднем составил 23,05±1,2 мм рт. ст., объем циркулирующей жидкости – 140±10 мл/мин.

При оценке степени стеноза, который создает такое же сопротивление, что и перегиб артерии под углом 90°, S-образной извитости и при петлеобразности было установлено следующее. Градиенту давления и объему циркулирующей жидкости при перегибе под углом 90° соответствует стеноз 48,4±0,9% по диаметру или около 73,4±1,0% по площади просвета. S-образная извитость соответствует стенозу 55,1±1,2% по диаметру или около 79,8±1,1% по площади суженного просвета. Петлеобразная извитость соответствует стенозу 60,4±1,1% по диаметру или около 84,3±0,9% по площади суженного просвета.

Такие стенозы принято считать гемодинамически значимыми, и их обнаружение может быть показанием к оперативному лечению. После исследования гидродинамических показателей при извитости внутренней сонной артерии под углом 90°, S-образной и петлеобразной извитости (разность давления между проксимальными и дистальными участками сосуда и объем циркулирующей жидкости за минуту) экспериментальная модель *in vitro* была перенесена на умерших с патологической извитостью внутренней сонной артерий (*in vivo*) для сравнительной оценки гидродинамики до и после стентирования.

Исследовано 6 нефиксированных трупов больных в возрасте от 70 до 80 лет с патологической извитостью внутренней сонной артерии под углом 90°, 5 нефиксированных трупов людей в возрасте от 65 до 80 лет с S-образной извитостью артерии, и 4 нефиксированных трупа людей в возрасте от 65 до 80 лет с петлеобразной патологической извитостью внутренних сонных артерий.

Данные, полученные *in vivo* сопоставимы с результатами, полученными при исследовании гидродинамических показателей внутренней сонной артерии при ее извитостях под углом 90°, S-образной и петлеобразной извитости *in vitro* (таб. 3). На

основании них можно заключить, что патологическая извитость является гемодинамически значимой и является прямым показанием к оперативному лечению.

Таблица 3.

Гидродинамические показатели внутренней сонной артерии *in vivo* и *in vitro*.

In vitro/ In vivo	Под углом 90°	S-образная извитость	Петлеобразная
Градиент давления мм рт.ст.	15,3±0,9 / 15,5±1,1	17,9±0,8 / 17,9±1,1	23,05±1,2/ 23,8±1,1
Объем жидкости (мл/мин.)	220±9,2 / 218±10,9	183±10/ 184±12	140±10,4/ 134,7±8,3

Визуализация потока ультразвуковым сканером с линейным датчиком дает возможность оценить возникновение турбулентности, завихрения и непрямого течения жидкости в изогнутом сосуде.

При проведении опытов с водой было установлено, что при падении струи в воду образуется большое количество разнокалиберных пузырей.

После резкого изгиба трубки на 90° по малому радиусу визуализируется появление неупорядоченных течений и развитие турбулентности (рис. 8), т.е. подтверждаются данные экспериментального исследования о том, что изгиб трубки создает значительное гидродинамическое сопротивление.

При перегибе трубки определяется разность скоростей в областях, прилежащих к наружной и внутренней стенкам изгиба. Это определяет появление разности давлений между этими областями и, как следствие, вторичных циркулярных течений и турбулентности (рис. 9 а-б).

Предложенный способ моделирования потоков в сосудистом русле с использованием ультразвукового исследования в В-режиме с оценкой спектра доплеровского сдвига частот позволяет получить ясную визуализацию потоков и дать оценку их скоростных характеристик.

Таким образом, можно сделать заключение, что изменение прямого хода сосуда в виде его деформации и извитости приводит к нарушению гидродинамики, что подтверждается результатами экспериментальных моделей как *in vitro*, так и *in vivo*.

В связи с вышеизложенным, нами в эксперименте была выполнена коррекция излишка длины внутренней сонной артерии эндоваскулярным методом. Во время введения проводника во внутреннюю сонную артерию при перегибе сосуда под углом 90° сопротивление прохождению последнего не наблюдалось, тогда как при S-образной и при петлеобразной извитости при продвижении проводника требовалось достаточное

усилие. После этой манипуляции сосуд приобретал прямой вид на всем протяжении. Вместе с тем, при S-образной и петлеобразной извитости после введения проводника внутренняя сонная артерия гофрировалась (рис. 10). Однако, после дилатации сосуда наблюдалось сглаживание его стенок и исчезновение «гофр» (рис. 11). Это позволяло ввести стент и раскрыть его дистальный конец на 3 см выше от уровня перегиба при извитости сосуда под углом 90°. При остальных видах стент раскрывали максимально близко ко входу сосуда в основание черепа. После установки стента и удаления проводника отмечали выпрямление ранее извитого сосуда на всем протяжении.

При проведении манипуляций ни в одном случае визуально не было отмечено повреждения сосуда.

Вслед за стентированием было проведено повторное исследование гидродинамических показателей.

Полученные результаты свидетельствовали о том, что при эндоваскулярном лечении (стентировании) патологической извитости внутренней сонной артерии под углом 90°, S- и петлеобразной извитости происходит улучшение гидродинамических показателей (снижение градиента давления и увеличение объема циркулирующей жидкости), что потенциально может предотвратить возникновение ишемического инсульта, связанного с данной патологией.

Далее проводили ультразвуковое исследование стентированных сосудов.

Результаты ультрасонографии сосудов в месте стояния стента показывали, что он плотно прилежал к интиме сосуда. Стенка артерии не дифференцировалась на слои. Во всех случаях повреждения интимы не выявлены (рис. 12).

Вслед за ультрасонографией была проведена макро- и микроскопическая оценка сосудистой стенки в месте стояния стента.

При макроскопическом исследовании внутренней стенки сосуда отмечались линейные вдавления от ячеек стента, идущие вдоль оси артерии. Отслоения интимы не выявлено. Наружные слои стенки артерии, особенно в случае стентирования петлеобразующей извитости, создают складки («гофры»), которые остаются после стентирования вне просвета артерии и не влияют на параметры гидродинамики (рис. 13).

После макроскопической оценки выполнено исследование гистологических материалов. На основании заключений из протоколов установлено, что интима артерий несколько утолщена. В толще последней определялась фиброзная бляшка с липидным ядром. Механических повреждений интимы не выявлено.

Таким образом, данное эндоваскулярное вмешательство может быть показано и выполнено для лечения патологической извитости внутренней сонной артерии (как метод выбора).

С помощью ультразвукового сканера с линейным датчиком была оценена возможность возникновения турбулентности, завихрений и непрямого течения жидкости в изогнутом сосуде. Была создана система циркуляции, когда вода, падая с высоты 10 см, возвращалась в сосуд, в котором находился погружной насос.

После резкого изгиба трубки на 90° по малому радиусу визуализировалось появление хаотичных течений и развитие турбулентности, т.е. подтверждались данные экспериментального исследования о том, что изгиб трубки создает значительное гидродинамическое сопротивление.

При перегибе трубки определялась разность скоростей в областях, прилежащих к наружной и внутренней стенкам изгиба, что обуславливало появление разности давлений между этими областями и, как следствие, – вторичных циркулярных течений и турбулентности.

Таким образом, предложенный способ моделирования потоков в сосудистом русле с использованием ультразвукового исследования в В-режиме с оценкой спектра доплеровского сдвига частот позволяет получить хорошую визуализацию потоков и оценку их скоростных характеристик.

В ходе экспериментального исследования доказано, что стентирование не только корректирует патологическую извитость, но и улучшает гидродинамические показатели. Так, при коррекции данным эндоваскулярным методом извитости под углом 90°, S-образной и петлеобразной деформации внутренней сонной артерии происходит увеличение объема циркулирующей крови и уменьшение разности давления между проксимальным и дистальным участками сосуда (см таб. 4. таб. 5).

Таким образом, стентирование может явиться альтернативным малоинвазивным методом коррекции нарушений мозгового кровообращения при различных видах патологической извитости внутренних сонных артерий.

Экспериментальные исследования показывают, что различные виды патологической извитости внутренней сонной артерии требуют дифференцированного подхода в применении этого эндоваскулярного метода. При установке стента необходимо учитывать длину деформированного участка сосуда и атеросклеротические поражения сосуда, которые могут привести к затруднению проведения проводника и установки стента.

Таблица 4.

Градиент давления и объемная скорость до стентирования внутренней сонной артерии при её перегибе под углом 90°, S-образной и петлеобразной извитости.

№ п/п	90°		S-образная		Петлеобразная	
	Градиент давления в мм рт. ст.	Объемная скорость жидкости мл/мин	Градиент давления в мм рт. ст.	Объемная скорость жидкости мл/мин	Градиент давления в мм рт. ст.	Объемная скорость жидкости мл/мин
1	17	190	19,6	162	25	126
2	14	245	16,5	200	23,5	135
3	15,5	220	18	185	22,5	146
4	16,5	200	18	186	24,5	132
5	14,8	228	17,5	190	—	—
6	15	225	—	—	—	—
M±σ	15,5±1,1	218±10,9	17,9±1,1	184±10,2	23,8±1,1	134,7±8,2

Таблица 5.

Градиента давления и объемная скорость после стентирования внутренней сонной артерии при её перегибе под углом 90°, S-образной и петлеобразной извитости.

№ п/п	90°		S-образная		Петлеобразная	
	Градиент давления в мм рт. ст.	Объемная скорость жидкости мл/мин	Градиент давления в мм рт. ст.	Объемная скорость жидкости мл/мин	Градиент давления в мм рт. ст.	Объемная скорость жидкости мл/мин
1	1,2	265	1,1	275	1,2	260
2	0,6	295	0,6	300	1,0	372
3	0,9	280	0,9	281	0,9	280
4	1,0	275	0,9	280	1,0	270
5	0,8	290	0,8	292	—	—
6	0,9	282	—	—	—	—
M±σ	0,9±0,2	281±10,6	0,86±0,2	285±10	1,02±0,12	270±8,2

Опытным путем нами установлено, что при извитости внутренней сонной артерии под углом 90° стент необходимо раскрывать на 3 см выше перегиба. Это позволяет полностью выпрямить деформированный сосуд и скоррегировать при этом

гидродинамику. Установка стента менее 3 см выше перегиба не полностью выпрямляет артерию и незначительно улучшает гидродинамику.

При S-образной и петлеобразной извитости стент следует раскрывать максимально близко к входу внутренней сонной артерии в основание черепа. Это обусловлено тем, что извитость имеет большую протяженность, чем перегиб и для полной ее коррекции стент должен быть установлен на большую длину внутренней сонной артерии.

ВЫВОДЫ:

1. При перегибе внутренней сонной артерии под углом 90° бифуркация общей сонной артерии располагается в среднем на 63,7±5,9 мм ниже наружной поверхности основания черепа и определяется на уровне III шейного позвонка. Длина деформированного сосуда в этом случае составляет в среднем 76,8±8,4 мм. При максимальном повороте головы на сторону, где наблюдается извитость, происходит удлинение противоположной артерии в среднем на 3,7±0,8 мм. При этом на стороне извитости сосуд не укорачивается, но увеличивается его деформация.

2. При S-образной извитости внутренней сонной артерии бифуркация общей сонной артерии располагается в среднем на 61,7±6,1 мм ниже наружной поверхности основания черепа и определяется на уровне II и III шейных позвонков. Длина деформированного сосуда в этом случае составляет в среднем 80,5±5,8 мм. При максимальном повороте головы на сторону, где наблюдается S-образная извитость артерии, последняя укорачивается на 2,8±0,9 мм со сближением изгибов и происходит удлинение противоположного сосуда в среднем на 3,5±0,7 мм.

3. При петлеобразной извитости внутренней сонной артерии бифуркация общей сонной артерии располагается в среднем на 58,5±4,5 мм ниже наружной поверхности основания черепа и определяется на уровне II шейного позвонка. Длина деформированного сосуда в этом случае составляет в среднем 79,3±6,4 мм. При максимальном повороте головы в сторону петлеобразной извитости происходит укорочение артерии в среднем на 2,4±0,9 мм. На противоположной стороне внутренняя сонная артерия удлиняется в среднем на 3,0±0,9 мм.

4. Созданная модель позволяет оценить изменения гидродинамики в разных участках патологически извитого сосуда. Было установлено, что при патологической извитости внутренней сонной артерии под углом 90° гидродинамическое сопротивление соответствует атеросклеротическому стенозу 48,4% по диаметру и/или 73,4% по площади суженного просвета. При S-образной извитости эти показатели составляют

55% и 79% соответственно, а в случае петлеобразной деформации - 60,4% и 84,3%. При перегибе трубки по малому радиусу визуализируется турбулентность, что свидетельствует о значительном гидродинамическом сопротивлении вследствие хаотичных течений из-за разности скорости потоков по внутренним и наружным стенкам трубки.

5. С позиции нормализации морфологии сосуда и его гидродинамики стентирование внутренней сонной артерии наиболее целесообразно при установке дистального конца стента на 3 см выше уровня перегиба в случае извитости под углом 90°. При S- и петлеобразной извитости стент должен быть установлен максимально близко ко входу в основание черепа. При этом в большей степени корректируются гидродинамические и морфологические изменения.

6. После стентирования внутренней сонной артерии при ее патологической извитости под углом 90° происходит выпрямление деформированного сосуда и наблюдается улучшение гидродинамики в виде уменьшения разности давления между проксимальным и дистальным участками с $15,5 \pm 1,1$ мм рт. ст. до $0,9 \pm 0,2$ мм рт.ст. и увеличения объемной скорости тока жидкости с $218 \pm 10,9$ мл/мин до $281 \pm 10,6$ мл/мин. При S-образной извитости эти показатели изменяются с $17,9 \pm 1,1$ мм рт.ст. до $0,86 \pm 0,2$ мм рт. ст. и с 184 ± 12 мл/мин до 285 ± 10 мл/мин соответственно. Коррекция петлеобразной деформации изменяет показатели с $23,8 \pm 1,1$ мм рт. ст. до $1,02 \pm 0,12$ мм рт. ст. и с $134,7 \pm 8,3$ мл/мин до $270 \pm 8,2$ мл/мин.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ:

1. Экспериментальная модель сосудистой системы может быть использована для изучения гидродинамических показателей (разность давления между проксимальным и дистальным концами сосуда и объем циркулирующей жидкости в мин.) на разных участках магистральных артерий.
2. Стентирование патологической извитости внутренней сонной артерии может быть использовано как метод, альтернативный открытым хирургическим способам коррекции разных форм извитостей.
3. Дистальный конец стента следует устанавливать на 3 см выше уровня перегиба при извитости внутренней сонной артерии под углом 90°, а в случаях S- и петлеобразной извитости – максимально близко ко входу в основание черепа.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ:

1. Рыхлов И.О., Лазарян Т.Р. Диагностика и хирургическое лечение патологической извитости сонных артерий. // Сборник тезисов X ежегодной сессии научного центра сердечно-сосудистой хирургии им. А.Н. Бакулева РАМН. Всероссийской конференцией молодых ученых. Москва (14-16мая 2006г.) – Т.7. №3. – стр. 100.
2. Лазарян Т.Р., Заринская С.А., Владимиров В.Г., Покровский А.В., Назарян К.Э. Моделирование патологической извитости внутренней сонной артерии.// Юбилейная международная дистанционная научно-практическая конференция молодых ученых « Новые технологии в хирургии и клинической анатомии». г. Пермь – 2006г. Стр. 97 – 99.
3. Лазарян Т.Р., Заринская С.А., Владимиров В.Г., Покровский А.В., Желтиков Н.С., Михайлин И.О., Рыхлов И.О. Вариантная анатомия и топография внечерепной части внутренней сонной артерии в покое и при функциональных нагрузках.// Материалы XV Всероссийской конференции с международным участием «Актуальные вопросы прикладной анатомии и хирургии». Санкт-Петербург. 24 апреля 2007г. Стр. 61 – 65.
4. Лазарян Т.Р., Заринская С.А., Владимиров В.Г., Гуштин А.В., Захаров А.С. Топографо-анатомические особенности экстракраниальной части внутренней сонной артерии.// V международная дистанционная научно – практическая конференция «сердечно-сосудистая хирургия и ангиология». Санкт-Петербург. Декабрь 2007г. Vol.2. №2 – 3. Стр. 77 – 78.
5. Цыганков В.Н., Шутихина И.В., Лазарян Т.Р. Визуализация потоков жидкости в модели сосуда при ультразвуковом сканировании.// 30-й Всероссийский съезд сердечно-сосудистых хирургов. Москва. (25-28 ноября 2007г.) Том 8. №6 2007г. Стр. 314.
6. Евдокимов А.Г., Рыхлов И.О., Лазарян Т.Р., Тургиев Б.Г., Витязев Г.А. Место хирургии в лечении больных с цереброваскулярными заболеваниями.// Внедрение высоких технологий в сосудистую хирургию и флебологию. Материалы 18-й (XXIII) международной конференции российского общества ангиологов и сосудистых хирургов. г. Новосибирск. Июнь 2007г. Том 2 (приложение) Стр. 65 – 66.
7. Евдокимов А.Г., Рыхлов И.О., Лазарян Т.Р., Тургиев Б.Г., Витязев Г.А. хирургическая тактика при гемодинамически значимых перегибах и петлеобразованиях внутренних сонных артерий.// Внедрение высоких технологий в сосудистую хирургию и флебологию. Материалы 18-й (XXIII) международной конференции российского общества ангиологов и сосудистых хирургов. г. Новосибирск. Июнь 2007г. Том 2 (приложение). Стр. 66 – 67.

8. Лазарян Т.Р., Цыганков В.Н., Шутихина И.В., Заринская С.А., Коков Л.С., Покровский А.В., Владимиров В.Г., Перевезенцев И.Ю., Баранов А.А. Эндovasкулярная коррекция патологической извитости внутренней сонной артерии в эксперименте.// Диагностическая и интервенционная радиология, междисциплинарный научно-практический журнал Москва. Декабрь 2007г. Том .1 №4. Стр. 81 – 89.
9. Лазарян Т.Р., Захаров А.С., Кузьмин В.В., Марасанов А.А. Оценка эффективности эндovasкулярной коррекции патологической извитости внутренней сонной артерии в эксперименте. // Вестник Российского Государственного Медицинского Университета. III Международная Пироговская научная конференция молодых ученых и студентов. Москва. Март 2008г. №2(61). Стр. 124.
10. Лазарян Т.Р., Захаров А.С., Баранов А.А., Ткешелашвили Т.Т., Джилаван В.Д. Изучение вариантов анатомо-функциональной изменчивости экстракраниальной части внутренней сонной артерии как возможных предпосылок к нарушению мозгового кровообращения.// Вестник Российского Государственного Медицинского Университета. III Международная Пироговская научная конференция молодых ученых и студентов. Москва. Март 2008г. №2(61). Стр. 372.