



## **ОГЛАВЛЕНИЕ**

Авторы .....	5
Список сокращений и условных обозначений .....	6
<b>РАЗДЕЛ I. ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ЭНДОВАСКУЛЯРНОЙ ХИРУРГИИ КОРОНАРНЫХ АРТЕРИЙ .....</b>	<b>9</b>
<b>Глава 1. Исторические вехи развития эндоваскулярной коронарной хирургии .....</b>	<b>11</b>
<b>Глава 2. Эволюция коронарных стентов: от голометаллических до полностью резорбируемых .....</b>	<b>22</b>
<b>РАЗДЕЛ II. ОБЩИЕ ВОПРОСЫ ЭНДОВАСКУЛЯРНОЙ ХИРУРГИИ КОРОНАРНЫХ АРТЕРИЙ .....</b>	<b>41</b>
<b>Глава 3. Сосудистый доступ для выполнения чрескожных коронарных вмешательств. Виды и осложнения .....</b>	<b>43</b>
<b>Глава 4. Коронарография: техника выполнения. Рентгенологическая анатомия коронарных артерий .....</b>	<b>72</b>
<b>Глава 5. Коронарный атеросклероз: особенности патоморфологии и физиологии .....</b>	<b>88</b>
<b>Глава 6. Роль внутрисосудистых методов исследования в эндоваскулярной хирургии коронарных артерий .....</b>	<b>100</b>
<b>Глава 7. Отбор пациентов на коронарные вмешательства .....</b>	<b>118</b>
<b>Глава 8. Стентирование коронарной артерии: технические аспекты выполнения процедуры .....</b>	<b>130</b>
<b>Глава 9. Медикаментозное сопровождение чрескожных коронарных вмешательств и послеоперационное ведение пациентов .....</b>	<b>146</b>
<b>РАЗДЕЛ III. ЧАСТНЫЕ ВОПРОСЫ ЭНДОВАСКУЛЯРНОЙ ХИРУРГИИ КОРОНАРНЫХ АРТЕРИЙ .....</b>	<b>159</b>
<b>Глава 10. Устьевые поражения коронарных артерий .....</b>	<b>161</b>
<b>Глава 11. Бифуркационные поражения коронарных артерий .....</b>	<b>174</b>
<b>Глава 12. Хронические окклюзии коронарных артерий .....</b>	<b>201</b>
<b>Глава 13. Чрескожные коронарные вмешательства при поражении ствола левой коронарной артерии .....</b>	<b>229</b>

<b>Глава 14. Чрескожные коронарные вмешательства при остром коронарном синдроме</b> .....	248
<b>Глава 15. Кальцинированные поражения коронарных артерий</b> ...	269
<b>Глава 16. Чрескожные коронарные вмешательства на кондуитах у пациентов после аортокоронарного шунтирования</b> .....	280
<b>РАЗДЕЛ IV. ОСЛОЖНЕНИЯ ЧРЕСКОЖНЫХ КОРОНАРНЫХ ВМЕШАТЕЛЬСТВ</b> .....	289
<b>Глава 17. Перфорация коронарных артерий</b> .....	291
<b>Глава 18. Диссекция коронарной артерии</b> .....	302
<b>Глава 19. Потеря эндоваскулярного устройства</b> .....	312
<b>Глава 20. Другие осложнения коронарных вмешательств</b> .....	319

# Глава 1

## Исторические вехи развития эндоваскулярной коронарной хирургии

«Много процедур было разработано вопреки общепринятым представлениям и, подобно первой коронарной ангиопластике, потребовало мужества и убежденности врачей-новаторов»

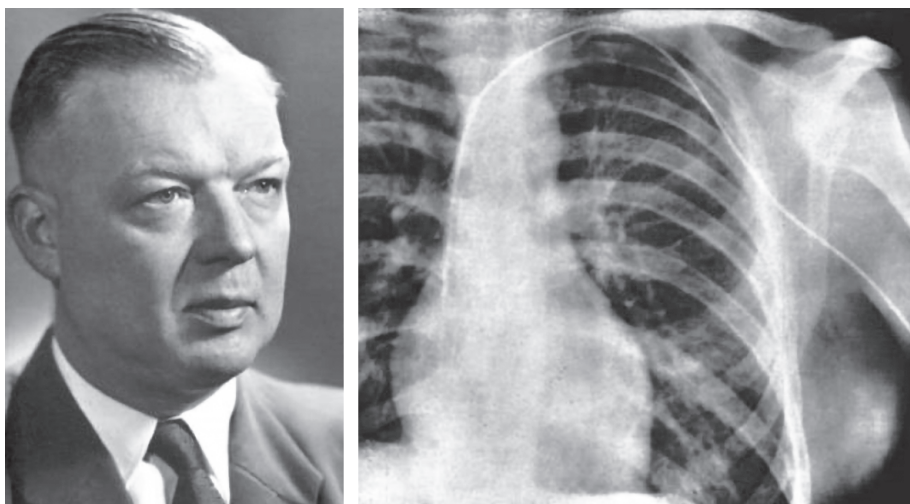
Гарри С. Рубин

Прошло почти 40 лет с тех пор, как Андреас Грюнциг впервые выполнил первую чрескожную транслюминальную коронарную ангиопластику у человека, что стало важной вехой в лечении сердечно-сосудистых заболеваний. С тех пор эндоваскулярная хирургия сделала огромный скачок вперед и плотно вошла в повседневную клиническую практику лечения сердечно-сосудистых заболеваний. Тем не менее история развития эндоваскулярной коронарной хирургии началась задолго до первой ангиопластики, ведь именно результаты работы предыдущих коллег-новаторов стали как теоретической, так и практической основой, позволившей Андреасу Грюнцигу пойти на такой довольно опасный и непредсказуемый шаг.

### ПЕРВЫЕ ШАГИ В АНГИОГРАФИИ

Новаторская работа Вернера Форссмана (Werner Forssman, 1904–1979) в 1929 г. положила начало эре чрескожной катетеризации сердца, когда он смело провел уретральный катетер длиной 65 см в собственное правое предсердие через левую подкожную вену руки в поисках «более безопасного подхода для внутрисердечной инфузии лекарств» (рис. 1.1) [1]. Позже, в 1956 г., за данное открытие ему была присуждена Нобелевская премия по физиологии и медицине [2]. В дальнейшем этот «путь» использовали для доступа к правым отделам сердца для измерения давления, оксиметрии, ангиографии и интервенционной катетеризации.

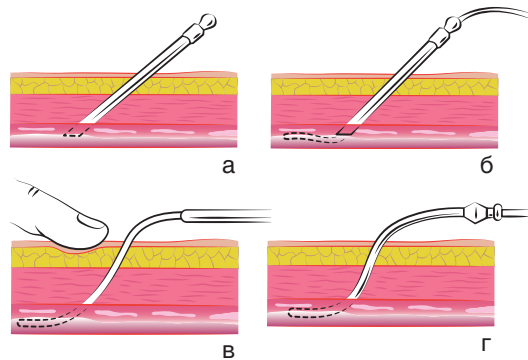
У катетеризации левых отделов сердца иной путь развития. Вероятно, из-за того, что сама мысль о ретроградном прохождении через периферические артерии в левые камеры сердца была абсурдной и нелогичной на первый взгляд, большинство первых попыток катетеризации левого отдела сердца включали прямую пункцию грудной аорты, левого предсердия и левого желудочка, что часто приводило к катастрофическим результатам.



**Рис. 1.1.** Вернер Форсман (слева). Впервые выполненная катетеризация правых отделов сердца через подкожную вену плеча (справа)

Первые случаи ретроградной артериографии и аортографии восходят к 1937–1939 гг. и связаны с именами Рауля Перейраса и Агустина Кастелланоса [3]. Доктору Перейрасу в 1937 г. удалось запечатлеть подключичную артерию у живого человека путем инъекции контрастного вещества в подмышечную артерию. Этот случай продемонстрировал, что рентгеноконтрастное вещество может быть введено против направления кровотока при условии, что оно вводится под достаточным давлением. В опубликованной в 1949 г. работе авторы также описывают, что однажды, пытаясь выполнить ангиокардиографию у ребенка, они приняли бедренную артерию за бедренную вену, в результате чего выполнили ретроградную артериографию наружной подвздошной, общей подвздошной артерии, брюшной аорты и части грудной аорты. Хотя Педро Фаринас (Farinas Pedro L., 1892–1951) впервые продемонстрировал возможность доступа к левому отделу сердца через бедренные артерии (после хирургического выделения) в 1941 г. [4], только в 1953 г. Свен Ивар Сельдингер (Sven Ivar Seldinger, 1921–1998) разработал простой, безопасный и элегантный метод чрескожной пункции сосуда, который до сих пор остается общепринятым методом доступа в катетеризационных лабораториях по всему миру [5]. Однако, как часто это бывает, первые открытия часто сталкиваются со скепсисом со стороны коллег. Отсутствие признания нового метода как новаторского также обрушилось на Сельдингера. Заведующий отделением радиологии в Каролинской больнице, где работал Сельдингер, не считал его изобретение достойным для темы диссертационной работы. По этой причине Сельдингеру пришлось начать второй проект — разработку чрескожной холангиографии. Тем не менее его вклад был признан с течением времени. Одним из признаний его заслуг, которое особенно порадовало самого Сельдингера, была статья на 11 страницах в январском выпуске Американского журнала рентгенологии в 1984 г., озаглавленная «Дань Свену Ивару Сельдин-

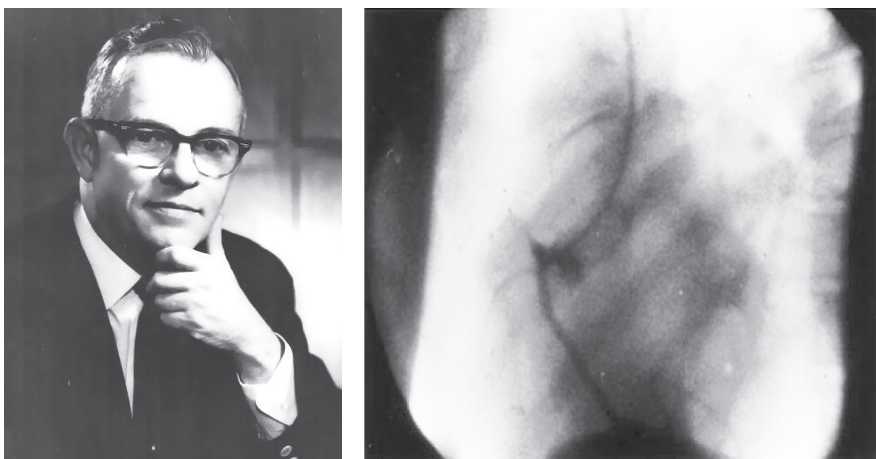
геру» [6]. В этой статье Герберт Абрамс о вкладе Сельдингера написал следующее: «В продвижении ангиографии из роли второстепенной к роли главной в контексте диагностики, вероятно, ни один вклад не имел большего веса, чем разработанная Свенем Сельдингером техника. В значительной степени ее элегантность и эффективность заключаются в простоте. И, хотя Сельдингер был скромен в своем вкладе, потребовались как изобретательность, так и креативность, чтобы вывести ангиографию на новый уровень (рис. 1.2). Все мы, работающие в области радиологии, выражаем свое признание Сельдингеру за его концепцию».



**Рис. 1.2.** Свен Ивар Сельдингер (слева). Схема этапов чрескожной катетеризации (справа): а — пункция сосуда; б — введение проводника и удаление иглы; в — проведение интродьюсера по проводнику; г — введение катетера в сосуд и удаление проводника

## ОТ НЕСЕЛЕКТИВНОЙ К СЕЛЕКТИВНОЙ КОРОНАРОГРАФИИ

Следующей важной вехой в развитии эндоваскулярной хирургии коронарных артерий стала случайная катетеризация и ангиография правой коронарной артерии Мэйсоном Соунсом (Mason Sones, 1918–1985) в 1958 г. во время восходящей аортографии [7]. Контрастное вещество «по воле случая» попало селективно в правую коронарную артерию благодаря практически коаксиальному с ее просветом положению кончика катетера (рис. 1.3). На тот момент считалось, что прямое введение контрастного вещества в коронарные артерии приводит к летальному исходу и, следовательно, сама мысль о селективной коронарографии считалась абсурдной. Учитывая подобное «настроение» в обществе и в научных кругах, Соунс официально не публиковал свою работу до момента улучшения и совершенствования техники коронарной ангиографии. К тому времени был предложен ряд технических приемов



**Рис. 1.3.** Мэйсон Соунс (слева). Первая коронарограмма правой коронарной артерии человека (справа)

для неселективного контрастирования коронарных артерий. Первым способом была «синхронизированная диастолическая инъекция», но ее результаты оказались неудовлетворительными [8]. Другой возможностью контрастирования коронарных артерий стало снижение сердечного выброса на ограниченный, контролируемый период времени. Это позволяло вводить гораздо меньшее количество контрастного вещества через катетеры меньшего диаметра и получать адекватные изображения коронарных артерий на одном статическом кадре. Протоколы включали введение таких веществ, как ацетилхолин [9], предложенный Арнульфом в Лионе, или триметафан, предложенный Пинет и Гравье [10]. В качестве альтернативы также предлагалось увеличение внутрибронхиального давления во время общей анестезии с надуванием внутритрахеального баллона по методике, описанной Ноденстром [11], что индуцировало рефлекторную гипотензию и брадикардию. Из всех этих методов наиболее популярным стало введение ацетилхолина, поскольку оно считалось безопасным, быстродействующим и обратимым, хотя внутривенное введение иногда требовало очень высоких доз. В разных катетеризационных лабораториях неселективные коронарные ангиограммы получали с использованием описанных выше методов, по отдельности или в комбинации, и разные лаборатории часто разрабатывали индивидуальные протоколы. Однако именно открытие Соунса стало «новым словом» в коронарной хирургии. Дальнейшее улучшение техники привело Соунса к созданию специального заостренного плетеного катетера для селективной катетеризации коронарных артерий и разработке метода трансбрахиальной (после хирургического выделения) коронарографии [12]. В течение следующих нескольких лет была выполнена первая тысяча селективных коронарных ангиограмм, при этом зарегистрировали всего 2 летальных случая и 2% случаев фибрилляции желудочков [13]. Техника Соунса была в 1962 г. модифицирована с созданием двух новых диагностических катетеров измененной конструкции, направленных на селективную катетеризацию устьев

коронарных артерий из чрескожного бедренного доступа [14].

Дальнейшие усовершенствования техники были связаны с работами Мелвина Пола Джадкинса (1923–1985) (рис. 1.4) и Курта Амплаца (1924–2019) [15, 16]. Одним из недостатков катетеров Соунса они считали несоответствие анатомии аорты и кривизны катетера. Для решения данной проблемы они разработали проводники повышенной жесткости, которым придавали особую форму, повторяющую кривизну и форму восходящей аорты. Затем этот проводник вводили в гибкий диагностический катетер, и с помощью метода термофиксации катетеру задавали нужную постоянную форму. Таким образом, первым катетерам специальными действиями придавали такую форму кончика катетера, который бы максимально подходил по размерам аорты пациента и катетеризация происходила более безопасно. Уже к 1968 г. в ограниченном количестве были изготовлены катетеры Джадкинса с фиксированными формами кончиков [17].



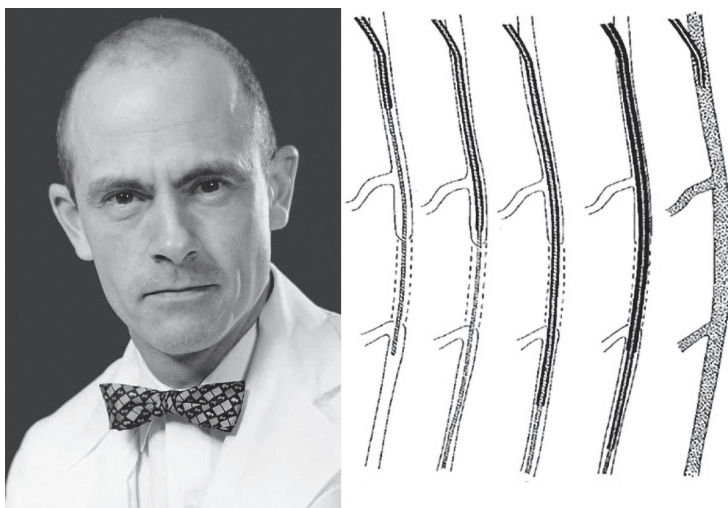
Рис. 1.4. Мелвин Пол Джадкинс, 1923–1985

## ОТ ПЕРИФЕРИЧЕСКОЙ ДО КОРОНАРНОЙ АНГИОПЛАСТИКИ

История вмешательств на периферических артериях неразрывно связана с именем выдающегося клинициста и исследователя из Орегонского университета в Портленде (США) Чарльза Теодора Доттера (1920–1985). Однажды совершенно случайно он заметил, что катетер, проведенный через область артериального сужения во время диагностической ангиографии, вызывает улучшение ангиографической проходимости сосуда [18]. Этот непреднамеренный терапевтический маневр положил начало эре сосудистых вмешательств.

Концепция, разработанная Доттером, заключалась в осторожном продвижении коаксиальных катетеров все большего размера через сосудистое сужение (рис. 1.5). Чарльз Доттер вместе с Джадкинсом в 1964 г. впервые сообщили об успешной процедуре транслюминальной ангиопластики поверхностной бедренной артерии с использованием коаксиальных полых трубок, обеспечивающих последовательную дилатацию (бужирование) [19]. В начальной серии из 9 пациентов с тяжелой периферической ишемией у 6 отмечалось улучшение, при этом четырех ампутаций удалось избежать [20]. Однако было очевидно, что требуется более совершенный метод дилатации, при котором на стенку сосуда прикладывается радиальная сила, а не продольная. Все это и дополнительные ограничения предложенной техники снизили интерес к данному открытию.





**Рис. 1.5.** Чарльз Теодор Доттер (слева). Проводник пересекает окклюзированный артериальный сегмент, и коаксиальные катетеры с постепенной сменой по возрастанию диаметра продвигаются к дистальному просвету до полного восстановления проходимости сосуда

Однако, в отличие от американского медицинского сообщества, в Европе возник большой интерес к технике, предложенной Доттером. Многие исследователи, среди которых Портсман и Уирни [21], Цейтлер и Мюллер [22], Хардвик [23] и многие другие, выполняли периферическую ангиопластику, используя принципы Доттера, и опубликовали серию работ об этом. Однако было очевидно, что данная техника не применима к коронарным артериям. Независимо от того, насколько может быть улучшен профиль этих коаксиальных катетеров, небольшой размер коронарных артерий в сочетании с извитостью и их сокращением во время сердечного цикла сделали этот подход недопустимым в кардиологии.

Необходимо было разработать принципиально другое устройство, и среди ученых возникла идея, что это должна быть технология на основе баллона. Несмотря на то что к тому моменту уже были доступны катетеры, их использование на коронарных артериях ограничивалось техническими характеристиками данных устройств — большим диаметром и отсутствием гибкости. К сожалению, баллоны, доступные для медицинского использования, были сделаны из латекса. Когда такой баллон раздувается, преодолевая сопротивление сосудистой бляшки, латекс претерпевает значительную деформацию и раздувается почти исключительно там, где встречается наименьшее сопротивление: таким образом, сосуд расширяется в здоровых сегментах, прилегающих к поражению, в то время как бляшка остается неизменной. Это было противоположно тому, что требовалось для лечения атеросклеротически измененных сосудов.

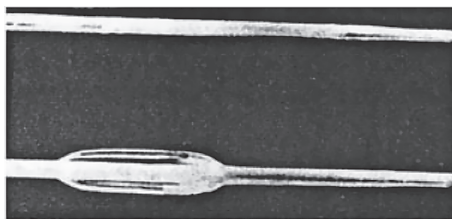
Чувствуя скрытые на тот момент достоинства принципа внутрипросветной дилатации суженных артериальных сегментов, Эберхард Цейтлер (1930–2011) начал преподавать данную технику в Европе. В 1971 г. Цейтлер опубликовал

результаты лечения артерий нижних конечностей по методу Доттера первых 141 пациентов (конические коаксиальные расширяющие катетеры с увеличивающимся диаметром) [24]. Процедурный успех наблюдался примерно в 70% случаев. Показания к операции были относительно ограниченными: угроза ампутации, невозможность выполнения реконструктивной операции, пациенты с рестенозом после эндартерэктомии. В 1976 г. Цейтлер был избран руководителем радиологического центра в больнице общего профиля в Нюрнберге, Германия. Он организовал первую международную встречу по ангиопластике в Нюрнберге, где встретился с Чарльзом Доттером и Андреасом Грюнцигом (1939–1985). Грюнциг крайне сильно заинтересовался данной идеей и продолжил ее развитие (рис. 1.6).



**Рис. 1.6.** Эберхард Цейтлер, Андреас Грюнциг и Чарльз Доттер (слева направо)

Грюнциг был убежден в том, что принцип баллонной дилатации верен, но понимал, что его практическая реализация далека для клинического использования. Переехав в Цюрих из Энгельскирхена, он начал изучать, как добавить баллон к катетеру Доттера. Ответ на этот вопрос пришел с помощью профессора Хопффа, инженера, который работал в соседнем Институте Цюрихского университета и был экспертом в области пластических полимеров. Он объяснил Грюнцигу, что использование поливинилхлорида может стать решением проблемы. Этот на тот момент новый материал показал хорошие характеристики эффекта памяти после термической обработки. Его применение позволило бы достичь соответствия между развиваемым давлением и достигаемым диаметром баллона, и, что более важно, эти характеристики были бы воспроизводимыми. Таким образом, был разработан первый прототип коронарного баллона [25]. Воодушевившись данным открытием, Грюнциг устроил маленькую «лабораторию» на кухне, где использовал небольшие трубки из поливинилхлорида, изначально предназначенные для изоляции электрических проводов, и накачивал их воздухом, вызывая локальное расширение трубки. На последнюю надевал наружную трубку большего размера. Структура этого устройства состояла из одного просвета. Отверстия обеспечивали приток жидкости для надувания баллона и отток для сдувания (рис. 1.7). После нескольких удачных ангиопластик с использованием самодельных баллонов последними заинтересовались компании, производящие инструментарий для ангиографии. Фирмы COOK в США и Schnider в Швейцарии начали серийный



**Рис. 1.7.** Оригинальный однопросветный баллон из поливинилхлорида, разработанный Андреасом Грюнцигом

выпуск баллонных катетеров Грюнцига. В дальнейшем Грюнциг модифицировал свои баллоны и создал двухпросветные их варианты.

Первая успешная чрескожная транслюминальная коронарная ангиопластика по поводу поражения передней нисходящей артерии была проведена 38-летнему Адольфу Бахману 16 сентября 1977 г. швейцарским радиологом Андреасом Грюнцигом в Цюрихе [26]. Примечательно, что контрольная коронарография через 1 мес и 10 лет продемонстрировала отличные результаты (рис. 1.8). После успешной операции шести пациентам в том же году была проведена чрескожная транслюминальная коронарная ангиопластика. Хотя начало эры коронарной ангиопластики традиционно приходится на 16 сентября 1977 г., с мая того же года уже было выполнено 15 процедур в Сан-Франциско Грюнцигом и его коллегой Майлером. Их дружба и совместная работа начались за год до вышеописанных событий на одной из регулярных встреч Американской ассоциации сердца. Они изучали применение коронарного баллонного катетера во время операции аорткоронарного шунтирования и продемонстрировали безопасность и эффективность этой процедуры у пациентов по данным послеоперационной ангиографии [27]. В 1977 г., когда Грюнциг на очередной встрече продемонстрировал непосредственные результаты выполненных ангиопластик, аудитория взорвалась громом аплодисментов. Последующие сообщения о безопасности и эффективности данной процедуры привели к тому, что к середине 1980-х годов ежегодно выполнялось более 300 000 чрескожных транслюминальных коронарных ангиопластик (ЧТКА), что равнялось количеству операций аорткоронарного шунтирования, выполняемых при ишемической болезни сердца.

Проведение Андреасом Грюнцигом первой успешной баллонной ангиопластики 16 сентября 1977 г. в Цюрихе стало великим событием, давшим старт чрескожному лечению ишемической болезни сердца (ИБС). Хотя эта первоначальная процедура подготовила почву для миллионов процедур чрескожного коронарного вмешательства (ЧКВ) в будущем, изолированная баллонная ангиопластика была крайне непредсказуемой как в ближайшем, так и в отдаленном периоде. Если для периферических артерий небольшие повреждения бляшек или интимы сосудов, дистальные эмболизации частичками бляшек могут протекать бессимптомно, а сосуд заживает, то повреждение стенки коронарной артерии может привести к серьезным последствиям, нередко к летальным исходам. Таким образом, чрезвычайно важен был грамотный отбор пациентов на коронарную ангиопластику.