

на правах рукописи

Шония Звиади Джемалиевич

**Анатомо-функциональная оценка эффективности операций
реваскуляризации миокарда с помощью ультразвуковой флоуметрии и
эпикардального ультразвукового сканирования**

3.1.15 - сердечно-сосудистая хирургия

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание учёной степени

кандидата медицинских наук

Москва

2021

Диссертационная работа выполнена в Федеральном Государственном Бюджетном Учреждении «Национальный медицинский исследовательский центр сердечно-сосудистой хирургии им. А.Н. Бакулева» Министерства Здравоохранения Российской Федерации.

Научный руководитель:

Академик РАН, д.м.н., профессор

Бокерия Лео Антонович

Официальные оппоненты:

Жбанов Игорь Викторович - профессор, доктор медицинских наук, заведующий отделением хирургии ишемической болезни сердца ФГБНУ «РНЦХ им. акад. Б.В. Петровского».

Попов Вадим Анатольевич - профессор, доктор медицинских наук, руководитель центра сердечно-сосудистой хирургии ФГБУ «НМИЦ хирургии имени А.В. Вишневского» Минздрава России.

Ведущая организация:

Государственное бюджетное учреждение здравоохранения Московской области «Московский областной научно-исследовательский клинический институт им. М.Ф. Владимирского».

Защита диссертации состоится «28» января 2022 г. в 14:00 часов на заседании Диссертационного Совета 21.1.038.01 при ФГБУ «НМИЦ ССХ им. А.Н. Бакулева» Минздрава России по адресу: 121552, Москва, Рублевское шоссе, 135, конференц-зал № 2.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБУ «НМИЦ ССХ им. А.Н. Бакулева» Минздрава России и на сайтах www.bakulev.ru и Высшей Аттестационной Комиссии (ВАК) – <https://vak.minobrnauki.gov.ru>.

Автореферат разослан «20» декабря 2021 года.

Ученый секретарь

Диссертационного совета 21.1.038.01,
доктор медицинских наук

Газизова Д.Ш.

Актуальность проблемы

На сегодняшний день коронарное шунтирование (КШ) остается наиболее распространенным открытым кардиохирургическим вмешательством. Однако, несмотря на это, проблема адекватной интраоперационной оценки качества кондуитов, по-прежнему актуальна, в особенности, при выполнении технически более сложных операции КШ на работающем сердце.

Различные авторы описывают дисфункцию около 30 % венозных и 8% маммарных шунтов в течение первого года после аортокоронарного и маммаро-коронарного шунтирования соответственно, а частота летальности и инфаркта миокарда при окклюзированных шунтах составляет 13,9%, тогда как при функционирующих шунтах – 0,9% [Бокерия Л.А. и соавт]. Нарушение функции шунтов в свою очередь приводит к ранним послеоперационным осложнениям, таким как рецидив стенокардии, инфаркт миокарда, злокачественные аритмии [Taggart D.P.]. Дисфункции шунтов, возникающие в ближайшем и среднеотдаленном периодах наблюдения, как правило связаны с хирургической техникой при заборе кондуитов и формировании проксимальных и дистальных анастомозов [Бокерия Л.А. и соавт]. Интраоперационная ангиография по праву считается «золотым стандартом» для выявления неадекватно функционирующих кондуитов после операций коронарного шунтирования [Jaber S.F.; Lazzara R.R.]. Данный метод обеспечивает визуализацию потока крови внутри шунта, позволяет оценить кровоток в русле шунтированной артерии, тем самым отражает качество сформированного анастомоза. Однако интраоперационное использование ангиографии ограничено в связи с необходимостью организации оборудованной гибридной лаборатории. Кроме того, возможно развитие осложнений, связанных с самой инвазивной техникой и использованием контрастных

нефротоксичных веществ [Zhao D.X.; Hol P.K.]. Другим способом, позволяющим провести интраоперационную оценку кровотока в сформированных шунтах, является метод ультразвуковой флоуметрии (ФМ), широко используемый для оценки коронарных шунтов в западных клиниках [Beldi G.; Hirotsu T.; Kjargard H.K.; Onorati F.]. Этот метод не инвазивен, безопасен, прост в исполнении и воспроизведении, и предоставляет информацию о гемодинамических свойствах кондукта в реальном времени [D'Acona G.]. При использовании эпикардального ультразвукового сканирования (ЭпиУЗИ) возможно обнаружить коронарные артерии на глубине 3-15 мм [Wolfgang Schiller et al.]. При помощи этого метода возможно определять стенозы сопоставимые с ангиографией в 85% случаях [Rune Haaverstad et al.].

На сегодняшний день ФМ и ЭпиУЗИ являются одними из доступных, легко осуществимых и технически простых методов интраоперационной оценки функциональной состоятельности кондуктов, параметров кровотока с непосредственной визуализации анастомозов и самой коронарной артерией. В то же время, подчеркивается отсутствие достаточных данных о влиянии интраоперационной ФМ шунта на клинические исходы.

Цель исследования:

Изучить возможности применения ультразвуковой флоуметрии и ультразвукового эпикардального сканирования для интраоперационной оценки состоятельности коронарных шунтов.

Задачи исследования:

1. Оценить возможности и ограничения методов интраоперационной ультразвуковой флоуметрии и эпикардального ультразвукового сканирования.

2. Провести анализ непосредственных результатов коронарного шунтирования на основании данных эпикардимального ультразвукового сканирования и ультразвуковой флоуметрии в сравнении с шунтографией у больных ИБС.
3. Оценить чувствительность и специфичность методов эпикардимального ультразвукового сканирования и ультразвуковой флоуметрии при проведении коронарного шунтирования в сравнении с шунтографией.
4. Разработать протокол интраоперационного использования эпикардимального ультразвукового сканирования и ультразвуковой флоуметрии.

Научная новизна: Впервые в России проведено исследование по комплексной оценке коронарных артерий при коронарном шунтировании с использованием методов эпикардимального ультразвукового сканирования, ультразвуковой флоуметрии и интраоперационной контрастной шунтографии. Создан алгоритм оценки функциональной состоятельности анастомоза, позволяющий учесть приоритетность методов оценки с точки зрения их потенциальной пользы и возможных недостатков.

Практическая значимость: Внедрение в клиническую практику комплексной оценки функционального состояния шунтов на основании результатов ультразвуковой флоуметрии, эпикардимального ультразвукового сканирования и контрастной шунтографии, что позволит улучшить непосредственные результаты коронарного шунтирования, уменьшить время операции и оптимизировать экономическую составляющую.

Положения, выносимые на защиту.

1. Изолированное интраоперационное выполнение ФМ позволяет выявить дисфункцию шунта в 78,9%. Однако, в определенных

клинических ситуациях (при спазме, перегибе, экстравазальной компрессии шунта, сужении дистального анастомоза или диффузном поражении коронарных артерий) изолированная ФМ может давать ложные результаты (чувствительность ФМ - 65,5%, специфичность ФМ - 90,9%). Изолированное использование ЭпиУЗИ позволяет выявить дисфункцию маммарокоронарных анастомозов в 80,7% случаях.

2. Комплексное выполнение ФМ в сочетании с ЭпиУЗИ позволяет оценить как анатомические, так и гемодинамические показатели шунта, что позволяет значительно оптимизировать поиск дисфункции шунтов (чувствительность - 93,1%, специфичность - 94,21%), даже в случаях, когда наличие дисфункции не отражается на клинической картине и гемодинамических показателях.

3. Снижение средней объемной скорости кровотока (Q_{mean}) менее 20,5 мл/мин и повышение пульсативного индекса (PI) более 2,65 сопровождается достоверным повышением относительного риска развития дисфункции шунта.

4. При сомнительных ситуациях, как правило, обусловленных наличием выраженного диффузного поражения коронарного русла, ограничением визуализации или при положительной «петлевой пробе» для принятия решения о дальнейшей тактике необходимо провести шунтографию.

Практическая реализация результатов работы.

Научные положения и практические рекомендации, сформулированные в работе, внедрены в клиническую практику и применяются в отделениях хирургического лечения сочетанных поражений коронарных и периферических артерий, хирургического лечения ишемической болезни сердца и малоинвазивной коронарной хирургии, в отделении хирургического лечения ишемической болезни сердца «НМИЦ ССХ им.

А.Н. Бакулева» Минздрава России, полученные результаты при выполнении диссертационного исследования можно рекомендовать для использования в клинической практике других медицинских учреждений, занимающихся интраоперационной визуализацией при выполнении коронарного шунтирования.

Апробация работы

Материалы диссертации доложены и обсуждены на ежегодной 25 и 26 Всероссийском съезде сердечно-сосудистых хирургов (2019, 2020 гг) и 23 сессии ФГБУ «НМИЦ ССХ им. А.Н. Бакулева» Минздрава России с Всероссийской конференцией молодых учёных (2019 г).

Публикации

По теме диссертации опубликовано 9 научных работ, в том числе 5 статей в ведущих рецензируемых научных изданиях, определенных ВАК.

Объем и структура диссертации

Диссертационная работа изложена на 127 страницах машинописного текста, состоит из введения, 4-х глав (обзор литературы, материал и методы исследования, непосредственные результаты исследования, обсуждения полученных результатов), выводов, практических рекомендаций и указателем использованной литературы. Список использованной литературы включает 150 источников, из них 126 зарубежных и 24 отечественных. Работа иллюстрирована 15 таблицами и 34 рисунка.

Содержание работы

Материалы и методы исследования

В отделении хирургии сочетанных заболеваний коронарных и магистральных артерий за период 2018-2020 гг. находилось на хирургическом лечении 300 больных с изолированным поражением

коронарных артерий сердца, которые были разделены на 2 группы по 150 человек.

Группа 1 (основная) – включила 150 больных ИБС, перенесших коронарное шунтирование с обязательным наложением маммарокоронарного шунта к передней межжелудочковой ветви (МКШ к ПМЖВ). Всем больным 1 группы для оценки состоятельности шунтов интраоперационно выполнялись:

1. ультразвуковая флоуметрия (ФМ) наложенных шунтов;
2. эпикардальное ультразвуковое сканирование (ЭпиУЗИ) с оценкой функции и анастомоза МКШ к ПМЖВ;
3. контрастная коронаро-шунтография (ШГ).

Группа 2 (контрольная) – включила 150 больных ИБС, перенесших коронарное шунтирование с обязательным наложением МКШ к ПМЖВ, которым интраоперационная диагностика состоятельности шунтов выполнялась только методом контрастной шунтографии.

При выполнении ФМ анализировали следующие параметры:

1. Средняя объемная скорость кровотока (Q_{mean}) (мл/мин).
2. Индекс пульсации (PI).
3. Диастолическое наполнение шунта (DF) (%).

При выполнении ЭпиУЗИ с оценкой функции и анатомии МКШ к ПМЖВ анализировали:

1. Диаметр анастомоза (мм).
2. Линейную скорость кровотока (ЛСК) до и после анастомоза (см/сек).
3. Пройодимость дистального анастомоза.

При выполнении интраоперационной ШГ оценивали:

1. Проксимальный и дистальный анастомозы.
2. Пройодимость контраста в дистальное русло.
3. Степень стеноза в теле шунта и дистальном анастомозе.

Далее, мы оценивали взаимосвязь полученных результатов методами интраоперационных ФМ, ЭпиУЗИ и ШГ с частотой развития послеоперационных осложнений (смерть, нестабильная стенокардия, инфаркт миокарда, нарушения ритма и др., вызванными тромбозом шунта или его дисфункцией), применением различных хирургических манипуляций, дефектов шунтирования в операционной в каждой из групп.

Конечными точками исследования являлись признаки, свидетельствовавшие о дисфункции шунта: $Q_{mean} < 20$ мл/мин, $PI \geq 5$, $DF < 50\%$ - по результатам ФМ; сужение дистального анастомоза $\geq 50\%$, снижение линейной скорости кровотока по коронарной артерии дистальнее места наложенного анастомоза - по результатам ЭпиУЗИ; сужение в теле шунта и/или дистальном анастомозе более 50%, окклюзия шунта, перегиб шунта, диссекция кондуита, экстравазальное поступление контраста - по результатам ШГ.

Критерии включения пациентов в исследование: наличие гемодинамически значимого стеноза ($>70\%$) в передней межжелудочковой ветви (ПМЖВ) ЛКА по данным коронарографии; выполнение изолированного АКШ с обязательным наложением МКШ к ПМЖВ.

Критерии исключения пациентов из исследования: нестабильная стенокардия, острый инфаркт миокарда; выполнение сочетанных с АКШ внутрисердечных и сосудистых операций; необходимость выполнения секвенциального или комбинированного шунтирования; перенесенный крупноочаговый инфаркт миокарда левого желудочка и аневризма левого желудочка; сниженная фракция выброса левого желудочка (менее 40%); повторное коронарное шунтирование.

На госпитальном этапе до выполнения операции коронарного шунтирования больные были обследованы по стандартному предоперационному протоколу НМИЦ ССХ им. А.Н. Бакулева,

включавшему выполнение ЭКГ, ЭХОКГ, рентгена грудной клетки, УЗИ сосудов, коронарография и пр. На основании жалоб, анамнеза, результатов обследования определялись показания к прямой реваскуляризации миокарда.

При сравнении двух групп по основным данным: возраст, пол, курение, индекс массы тела, мультифокальный атеросклероз, инфаркт миокарда в анамнезе, стенокардии 3 и 4 функционального класса, сахарного диабета 2 типа, хронической сердечной недостаточности 1 и 2 класса, синдрому Лериша, хронической болезни почек 2 ст., EuroScore II, SYNTAX Score, фракции выброса левого желудочка пациенты не отличались. Однако статистические отличия были по фибрилляции предсердий в 1 группе у 40 (26,7%), во 2 группе у 59 (39%) больных и $p=0,019$ и по артериальной гипертензии, в 1 группе у 123 (82%) больных, во 2 группе у 135 (90%) больных $p=0,045$.

По результатам коронарографии (таб. 1) пациенты в группах достоверно различался только по правому типу кровоснабжения $p=0,035$, по остальным данным достоверных различий выявлено не было.

Таблица 1. Результаты коронарографии

<i>Показатель</i>	Группа 1 (основная)	Группа 2 (контрольная)	p
Тип кровоснабжения			
Левый тип	55 (36,67%)	66 (44 %)	0,195
Правый тип	72 (48 %)	54 (36 %)	0,035
Сбалансированный	23 (15,33%)	30 (20 %)	0,289
Стеноз ствола ЛКА	58 (38%)	49 (32%)	0,278
Стеноз ПМЖВ п/3	79 (52,6%)	68 (45,3%)	0,165
Стеноз ПМЖВ с/3	50 (33,3%)	57 (38%)	0,449
Стеноз ПМЖВ д/3	21 (14%)	25 (16,6 %)	0,145
Диффузное поражение КА	21 (14%)	18 (14%)	0,606
Поражение 3х и более КА	42 (28 %)	57 (38 %)	0,065
Диаметр ЛВГА, мм	2±0,16	2±0,3	0,924
Диаметр ПМЖВ, мм	2±0,3	2±0,4	0,967

На интраоперационном этапе после окончания основного этапа, после инактивации гепарина протамин сульфатом в 1 группе поэтапно выполнялась ФМ, ЭпиУЗИ и ШГ. При выполнении ФМ использовали аппарат Medistim MiraQ Cardiac (Осло, Норвегия) с подключаемым ультразвуковым датчиком, а для ФМ подбирался датчик 2-4 мм, после выполнялось исследование с определением Q mean, PI и DF. Исследование проводилось на разных участках шунта и с проведением петлевой пробы с пережатием нативной артерии. При ЭпиУЗИ оценивали анатомию коронарной артерии, качество дистального анастомоза и ЛСК до и после анастомоза. По окончании исследования все результаты фиксировались. При выполнении ШГ использовали портативный аппарат с С-образной дугой ОЕС 9900 Elite Cardiac General Electric Healthcare (США). Для оценки маммарокоронарных шунтов использовались катетеры 5-6 Fr Judkins Right, Internal Mammary catheter.

Непосредственные результаты

В 1 группе (основной) было выполнено шунтирование 460 коронарных артерий, из которых 150 МКШ к ПМЖВ, 168 аутовенозных шунтов к правой коронарной артерии (ПКА) и ее ветвям и 142 аутовенозных шунта к огибающей ветви (ОВ) и ее ветвям, в среднем составило $3 \pm 0,4$ шунта на одного пациента. Во 2 группе (контрольной) было выполнено шунтирование 448 коронарных артерий, из них 150 МКШ к ПМЖВ, 158 аутовенозных шунтов к ПКА и ее ветвям, 140 аутовенозных шунтов к ОВ и ее ветвям, что в среднем составило $2,9 \pm 0,7$ на одного больного. Достоверных различий между показателями обеих групп не наблюдалось. Длительность выполнения ФМ и ЭпиУЗИ между собой статистически не отличались, в то время как выполнения ШГ было значимо дольше в сравнении с каждым из методов ($p < 0,001$).

При оценке функциональной состоятельности шунтов при шунтографии было выявлено 54 дисфункции или дефекта контрастирования в 1 группе и 62 дисфункции или дефекта контрастирования во 2 группе.

Таблица 2. Интраоперационная шунтография

<i>Показатель</i>	Группа 1 (основная)	Группа 2 (контрольная)	p
ШГ	n=460	n=448	
Стенозы просвета шунта $\geq 50\%$	12 (8 %)	17 (11,3 %)	0,328
Сужение дистального анастомоза $\geq 50\%$	7 (4,7 %)	11 (7,3 %)	0,330
Сужение нативной КА до и/или после анастомоза $\geq 50\%$	13 (8,7 %)	15 (10 %)	0,691
Изгиб/перегиб/перекрут со стенозом $\geq 50\%$	9 (6 %)	6 (4 %)	0,426
Тромбоз шунта	4 (2,7 %)	6 (4 %)	0,520
Экстравазальная компрессия шунта	9 (6 %)	7 (4,7 %)	0,607

При шунтировании МКШ к ПМЖВ снижение средней объемной скорости кровотока было в 20 (13,3 %) случаях и в среднем 17 ± 3 мл/мин, по шунту к ОВ в 14 (9,8 %) случаях и в среднем 14 ± 4 мл/мин, при шунтировании ПКА в 19 (11,3 %) случаях при среднем значении 15 ± 3 мл/мин. При анализе высокого показателя пульсативного индекса для МКШ к ПМЖВ в 19 (12,6 %) случаях при среднем значении 7 ± 2 , для шунта к ОВ в 13 (9,1 %) случаях и среднем значении 8 ± 2 , и для шунта к ПКА в 12 (7,1 %) случаях и среднее значение 8 ± 4 . При выполнении ФМ у всех пациентов отмечалось удовлетворительное значение $DF > 50\%$, в связи с этим этот показатель мы в дальнейшем не оценивали.

Таблица 3. Интраоперационная ультразвуковая флоуметрия

<i>Показатель</i>	МКШ к ПМЖВ	шунты к ОВ	шунты к ПКА	p
Q mean, мл/мин	35±19	40±22	36±12	P 1-2=0,553 P 1-3=0,932 P 2-3=0,594
PI	2,4±1	3,2±1	2,9±0,5	P 1-2<0,001 P 1-3<0,001 P 2-3=0,083
DF, %	70±7	65±12	62±11	P 1-2<0,001 P 1-3<0,001 P 2-3=0,563
Дефекты по ФМ	20 (13,3 %)	14 (9,8 %)	19 (11,3 %)	P 1-2=0,477 P 1-3=0,128 P 2-3=0,411
Снижен Q mean	19 (12,6 %)	13 (9,1 %)	12 (7,1 %)	P 1-2=0,812 P 1-3=0,453 P 2-3=0,607
Высокий PI	10 (6,6 %)	7 (4,9 %)	10 (5,9 %)	P 1-2=0,238 P 1-3=0,891 P 2-3=0,627
Конкурирующий кровоток	35±19	40±22	36±12	P 1-2=0,553 P 1-3=0,932 P 2-3=0,594

При проведении ЭпиУЗИ было обнаружено 45 дефекта при визуализации, которые представлены: сужением дистального анастомоза, ушивание «носика» дистального анастомоза, ушивание «пятки» дистального анастомоза, турбулентный потока крови в анастомозе, сужение КА. Во всех случаях отмечался прирост ЛСК у всех больных, в связи с этим оценку этого показателя мы не проводили.

На интраоперационном этапе в группах наблюдения летальных исходов и развития жизнеугрожающих осложнений, таких как острый инфаркт миокарда, острая сердечная недостаточность, острое нарушение мозгового кровообращения, нарушения ритма сердца, острая почечная недостаточность мы не наблюдали. В 1 группе (основной) смертельные исходы в ближайшем послеоперационном периоде после АКШ развились в 2 (1,33%) случаях.

В 1 группе (основной) всем пациентам выполнялась ФМ при этом средние показатели систолического АД составили 118 ± 15 мм. рт.ст. (от 90 и до 149 мм. рт.ст.), диастолического АД 68 ± 10 мм. рт.ст. (от 51 и до 96 мм. рт.ст.). В зависимости от полученных результатов ФМ было деление на 4 подгруппы. При $Q_{mean} > 20$ мл/мин, а $PI < 5$ оценивали как нормально функционирующий шунт. В остальных случаях ситуация была оценена как сомнительная и решение принималось по результатам ШГ. Среди анализируемых результатов по ФМ 363 (78,9%) шунтов были расценены удовлетворительно функционирующие, в 31 (6,7%) случаях - сомнительных результата ($Q_{mean} > 20$ мл/мин и $PI > 5$), $Q_{mean} < 20$ мл/мин и $PI < 5$; и в 66 (14,3%) случаях не функционирующие ($Q_{mean} < 20$ мл/мин и $PI > 5$). Причинами отклонения от нормы показателей ФМ были: снижение средней объемной скорости кровотока, конкурирующий кровоток, изменение фаз систоло-диастолической кривой потока, изменения структуры кривой потока с острыми зубцами, диффузное поражение КА, дистальное поражение КА, окклюзия шунта. Далее нами представлены различные клинические сценарии, сопровождающиеся недостаточной информативностью при изолированном применении ФМ.

Полученные нами данные свидетельствуют о том, что в определенных клинических ситуациях ФМ не может ответить на вопрос о проходимости шунта, поэтому была проведена оценка чувствительности и специфичности метода ФМ, как самостоятельного метода, так и в сочетании с ЭпиУЗИ. Для определения чувствительности и специфичности методов ФМ с ЭпиУЗИ мы использовали четырехпольную таблицу (таблица 2 x 2). Нами были сопоставлены результаты выявленных проблем в различных шунтах. Было подсчитано количество совпадающих и несовпадающих результатов, после данные были внесены в таблицу.

Отдельно оценивали ФМ, ЭпиУЗИ и ФМ в сочетании с ЭпиУЗИ на основании «золото стандарта» ШГ при выполнении этих методов на МКШ к ПМЖВ.

Таблица 4. Чувствительность и специфичность ФМ.

	95% ДИ		
<i>Метод Вилсона для 95% ДИ</i>		от	до
Чувствительность	65,52%	47,35%	80,06%
Специфичность	90,91%	84,45%	94,85%
Положительное прогностическое значение	63,33%	45,51%	78,13%
Отрицательное прогностическое значение	91,67%	85,34%	95,41%
Точность	86,00%	78,97%	90,95%

По результатам анализа 150 маммарокоронарных шунтов к ПМЖВ чувствительность ФМ составила 65,52%, что недостаточно для получения достоверных данных, однако специфичность метода составила 90,91%.

Таблица 5. Чувствительность и специфичность ЭпиУЗИ

	95% ДИ		
<i>Метод Вилсона для 95% ДИ</i>		от	до
Чувствительность	51,72%	34,43%	68,61%
Специфичность	95,87%	90,69%	98,22%
Положительное прогностическое значение	75,00%	53,13%	88,81%
Отрицательное прогностическое значение	89,23%	82,73%	93,48%
Точность	87,33%	80,56%	91,98%

Чувствительность ЭпиУЗИ оказалась низкой и составила 51,72% при специфичности метода составила 95,87%, при этом точность полученных данных при использовании ЭпиУЗИ не высока.

В следствии полученных данных по чувствительности и специфичности по каждому из методов было принято решение объединить эти методы для оценки их возможного совместного использования, как рутинных методов.

Таблица 7. Чувствительность и специфичность ФМ в сочетании с ЭпиУЗИ.

	95% ДИ		
		от	до
<i>Метод Вилсона для 95% ДИ</i>			
Чувствительность	93,10%	78,04%	98,09%
Специфичность	94,21%	88,54%	97,17%
Положительное прогностическое значение	79,41%	63,20%	89,65%
Отрицательное прогностическое значение	98,28%	93,93%	99,53%
Точность	94,00%	88,79%	96,87%

Высокие показатели чувствительности (93,1%) и специфичности (94,21%) говорят о том, что использование ФМ в сочетании с ЭпиУЗИ приводит к значительному повышению точности получаемых данных.

Таким образом, в нашем исследовании использование ФМ в сочетании с ЭпиУЗИ в большинстве случаев являлось достаточным для верификации качества наложенных анастомозов на интраоперационном этапе. Важным ограничением совместного применения ФМ и ЭпиУЗИ, в нашем случае, являлось возможность выполнения ЭпиУЗИ не только на ПМЖВ и невозможностью ее выполнения на других коронарных артериях.

При анализе результатов ФМ нами получены в 31 (6,7%) случаях сомнительные результаты, которые потребовали анализа. В связи с этим было принято решение провести ROC-анализ по результатам ФМ с полученными данными Q mean и PI для выявления прогностических факторов дисфункций шунтов. Качество прогностической модели, полученной данным методом, оценивалось исходя из значений площади под ROC-кривой (Area Under Curve (AUC)) со стандартной ошибкой и 95% доверительным интервалом (ДИ) и уровня статистической значимости.

По результатам ROC-анализа, выполненного на основании диагностики 150 маммарокоронарных анастомозов, сформированных к ПМЖВ, были определены значения Q mean и PI, свидетельствовавшие о

дисфункции шунта. Согласно нашим данным, снижение $Q\ mean \leq 20,5$ мл/мин сопровождалось возрастанием относительного риска (ОР) дисфункции шунта в 8,18 раза (отношение риска (95% ДИ: 4,4 - 15,19). Чувствительность модели составила 100% (95% ДИ: 96,6-100%), специфичность – 74,3% (95% ДИ: 58,9-85,4%). Полученная модель свидетельствует о высокой точности прогнозирования возможной дисфункции шунтов ($AUC = 0,906 \pm 0,03$).

В свою очередь, пороговым значением PI являлось 2,65; показатель равный или выше 2,65 свидетельствовал о возможной дисфункции шунта (чувствительность модели – 80,1% (95% ДИ: 72,1-86,2%), специфичность – 65,7% (95% ДИ: 49,8-78,7%). Отмечалась достаточная точность прогностической модели для PI ($AUC=0,745 \pm 0,042$) в отношении возможной дисфункции шунтов. Относительный риск развития дисфункции шунта при PI выше или равном 2,65 составил 3,32 (95% ДИ: 2,17-5,08).

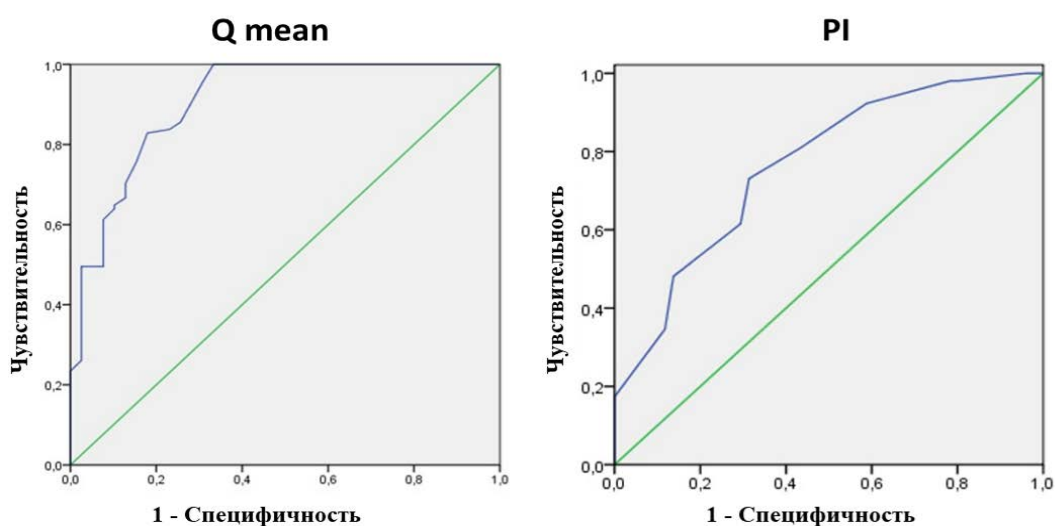


Рисунок 1. ROC кривая для показателей $Q\ mean$ и PI.

Опираясь на данные полученные при ФМ и при ROC – анализе было принято решение выявить взаимосвязь показателей ФМ, а именно $Q\ mean$, PI и DF, для них был применен метод корреляции. При выполнении анализа была выявлена умеренная обратная зависимость между $Q\ mean$ и

PI, PI и DF, Q mean и DF. При анализе Q mean и PI выявлена обратная умеренная зависимость этих показателей ($r = -0,3641$; $p < 0,001$). При анализе DF и PI выявлена обратная умеренная зависимость этих показателей ($r = -0,5189$, $p < 0,001$). При анализе выявлена прямая зависимость Q mean и DF выявлена обратная умеренная зависимость этих показателей ($r = 0,4385$, $p < 0,001$).

В нашем исследовании были количественные и качественные показатели в связи с чем был рассчитан коэффициент (коэффициент согласия) Фи (ф) определяющий тесноту связи между полученными результатами ФМ и ШГ, как умеренную $\phi = 0,558$ ($p < 0,001$). Между ЭпиУЗИ и ШГ, как умеренную $\phi = 0,552$ ($p < 0,001$). При объединенном анализе ФМ в сочетании с ЭпиУЗИ и ШГ выявлена сильная связь $\phi = 0,859$ ($p < 0,001$), что говорит о значимости использования ФМ в сочетании с ЭпиУЗИ.

С помощью метода CHAID (Chi Squared Automatic Interaction Detection) была разработана многофакторная прогностическая модель (дерево классификаций) (рис. 2) с определением наиболее сильного предиктора несостоятельности шунтов, сопоставимого с дисфункцией шунта по ШГ, которым по нашим данным являлось наличие визуальных дефектов контрастирования по данным ЭпиУЗИ (оценка включала в себя анализ состояния 150 маммарокоронарных шунтов). К визуальным (качественным) характеристикам по данным ЭпиУЗИ, относились сужение дистального анастомоза, ушивание «носика» дистального анастомоза, ушивание «пятки» дистального анастомоза, спазм КА и внутренней грудной артерией. Терминальные узлы, полученные в ходе многомерного расщепления узлов, представляют собой наилучшие окончательные решения. Мы получили 4 узла, представляющих наиболее распространенные сценарии в ходе нашего исследования.

В узле №5 по данным ЭпиУЗИ отсутствовали визуальные изменения в шунтах (подтверждено данными ШГ), что сочеталось с сохранными показателями кровотока по данным ФМ ($Q_{mean} > 20,5$ мл/мин и/или $PI < 2,65$) и расценивалось нами как удовлетворительный кровоток по целевой коронарной артерии.

Наибольшая частота дисфункций шунтов в исследуемой совокупности (узел №4), в последствии подтверждённых данными ШГ, определялась при наличии визуальных изменений (структурных, т.е. анатомических) по ЭпиУЗИ в сочетании с нарушенными потоковыми характеристиками ($Q_{mean} < 20,5$ мл/мин и/или $PI \geq 2,65$) по данным ФМ.

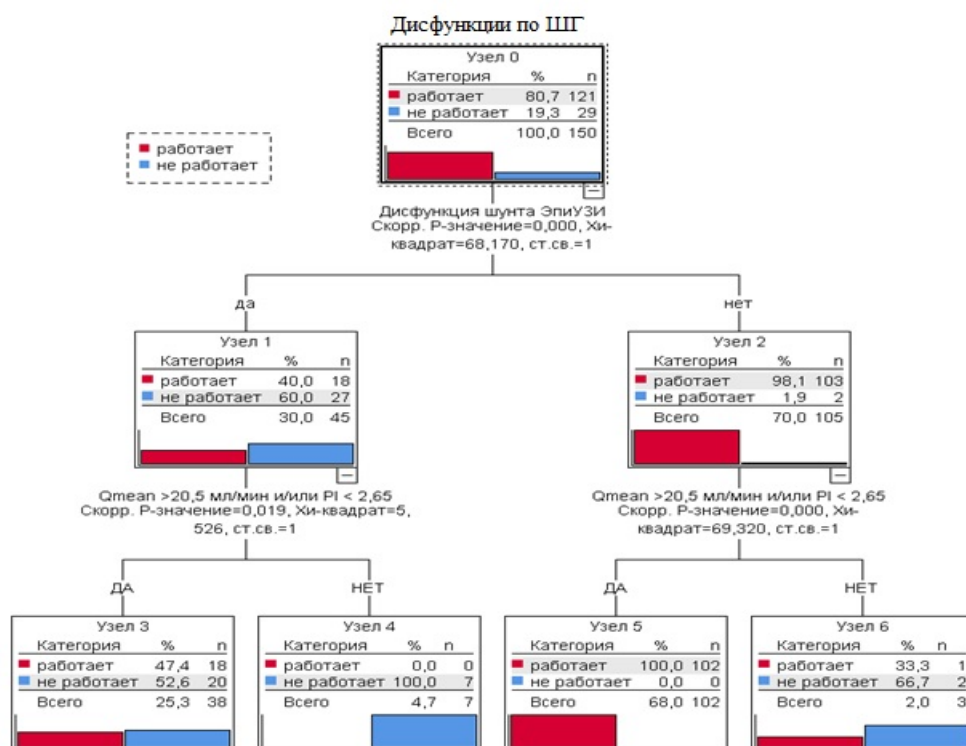


Рисунок 2. Дерево классификации пациентов по вероятности дисфункции шунта в зависимости от визуальных и скоростных показателей в качестве предикторов.

Частота выявления дисфункции шунтов при наличии в них визуальных изменений (структурных, анатомических, спазм) с сохранными скоростными показателями по данным ФМ ($Q_{mean} > 20,5$ и $PI < 2,65$) составляла 52,6% – узел №3. Дисфункция шунтов при

отсутствии визуальных дефектов по данным ЭпиУЗИ в сочетании с нарушенными показателями по ФМ ($Q_{mean} < 20,5$ мл/мин и/или $PI \geq 2,65$) определялась в 66,7% случаев в исследуемой совокупности (узел №6). Согласно представленным данным, вероятность дисфункции шунта была выше средней частоты по выборке в терминальных узлах 3, 4 и 6, а при попадании пациента в 5 терминальный узел прогнозировался низкий риск дисфункции шунта. Полученная модель характеризовалась высокими значениями чувствительности и специфичности, составившими 100% (29 верных прогнозов среди 29 случаев дисфункции шунта) и 84,3% (102 верных прогноза из 121 случаев работающего шунта), соответственно.

Таким образом, нами впервые представлен комплексный подход к интраоперационной диагностике дисфункции шунтов, осуществляемый при помощи сочетанного применения УФ и ЭпиУЗИ. Предложенный алгоритм является простым и легко воспроизводимым, и способен с высокой точностью отразить не только наличие гемодинамических нарушений, но и выявить морфологические дефекты проходимости анастомоза, что делает его наиболее привлекательным для рутинного применения в коронарной хирургии.

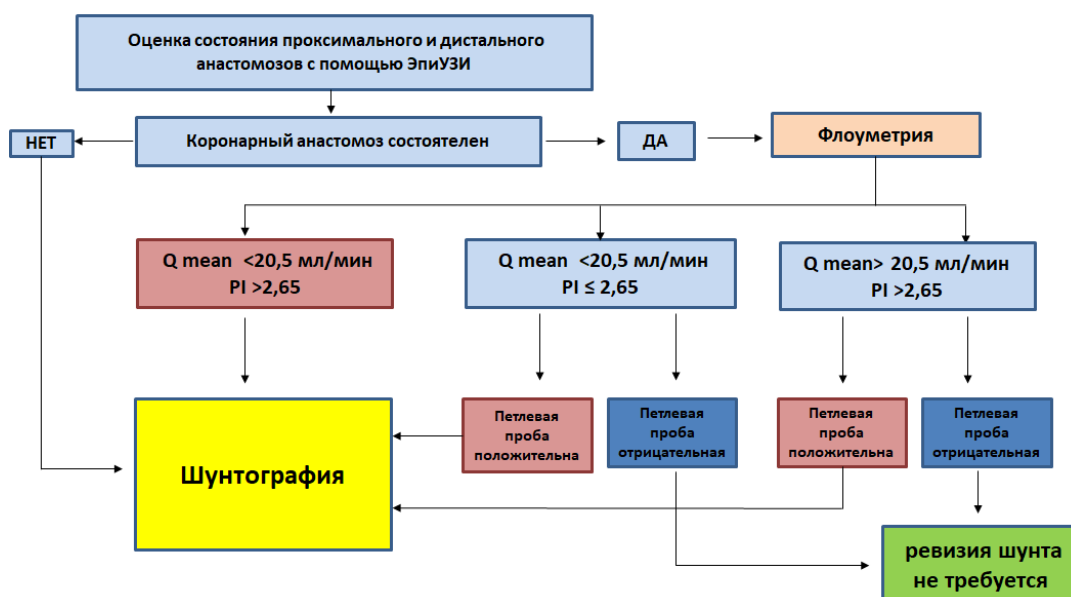


Рисунок 3. Алгоритм интраоперационной диагностики состоятельности шунтов

Выводы

1. В нашем исследовании оценка количественных показателей кровотока по шунту при проведении интраоперационной ФМ позволило выявить дисфункцию шунта в 78,9%. Наличие спазма, перегиба, экстравазальной компрессии шунта, пограничного сужения дистального анастомоза или диффузного поражения коронарных артерий, увеличивает риск ложных результатов при проведении изолированной ФМ, что может потребовать дополнительной диагностики для принятия оптимального решения о дальнейшей тактике лечения. Оценка качественных показателей кровотока при проведении интраоперационного ЭпиУЗИ позволила выявить дисфункцию маммарокоронарного анастомоза в 80,7%.
2. Изменение показателей кровотока по данным ФМ, а именно, снижение средней объемной скорости кровотока ($Q_{mean} < 20,5$ мл/мин) (ОР 8,18; 95% ДИ 4,4 - 15,19) и повышение пульсативного индекса ($PI > 2,65$) (ОР 3,32; 95% ДИ 2,17 - 5,08) сопровождается достоверным повышением относительного риска развития дисфункции шунтов.
3. Изолированное проведение ФМ и ЭпиУЗИ обладает низкой чувствительностью (65,5% и 51,7%, соответственно), но высокой специфичностью (90,9%; и 95,8%, соответственно). Комплексное последовательное проведение интраоперационных ФМ и ЭпиУЗИ позволяет с высокой точностью оценивать состояние шунтов (чувствительность - 93,1%, специфичность - 94,2%).
4. Разработанный нами на основании «дерева классификации» протокол комплексной оценки состояния шунта с помощью ФМ и ЭпиУЗИ позволяет оценить анатомические особенности и гемодинамические характеристики шунта, определить приоритетность проведения методов визуализации, а также, указывает на необходимость задействования

дополнительных методов диагностики (например, интраоперационной шунтографии) в спорных ситуациях.

Практические рекомендации

1. Рекомендуется комплексное применение ФМ в сочетании с ЭпиУЗИ, что позволяет проводить высоко точную оценку состояния шунтов с учетом анатомических и гемодинамических показателей шунта.
2. При оценке анатомических особенностей по ЭпиУЗИ необходимо исследование не только участка для формирования дистального анастомоза и самого дистального анастомоза, но и дистального русла в целом, что позволит более адекватно оценивать результаты ФМ и ЭпиУЗИ.
3. Снижение объемной скорости кровотока ($Q_{mean} < 20,5$ мл/мин) и повышение пульсативного индекса ($PI > 2,65$) при отсутствии диффузного поражения коронарной артерии требует ревизии анастомоза, так как может свидетельствовать о дисфункции шунта.
4. Проведение петлевой пробы с пережатием шунтированной коронарной артерии до уровня дистального анастомоза при выполнении ФМ позволяет косвенно оценить дистальный кровоток. Наличие положительной пробы позволяет предположить ушивание дистального анастомоза, а, следовательно, требует ревизии шунта.
5. Наличие диффузного поражения, как правило, сопровождается измененными показателями кровотока по данным ФМ (более высокими значениями PI и более низкими Q_{mean} , которые регистрируются при сохраненной функции шунта), а, следовательно, чаще требует выполнения контрольной шунтографии для оценки проходимости шунта.
6. Согласно разработанному протоколу интраоперационного использования эпикардialного ультразвукового сканирования и ультразвуковой флоуметрии на примере шунтирования МКШ к ПМЖВ, предполагается первым этапом интраоперационное проведение ЭпиУЗИ

для анатомической оценки состояния дистального анастомоза. Вторым этапом, предлагается проведение оценки гемодинамических показателей шунта (Q_{mean} и PI) при помощи ФМ. Снижение средней объемной скорости кровотока (Q_{mean}) менее 20,5 мл/мин и повышение пульсативного индекса (PI) более 2,65 может свидетельствовать о дисфункции шунта. В спорных ситуациях (например, при резко сниженном Q_{mean} и нормальном PI или при положительной петлевой пробе без косвенных данных, указывающих на дисфункцию со стороны ЭпиУЗИ и ФМ и др.) рекомендуется проведение шунтографии.

Список опубликованных работ

1. Шония З.Д., Сигаев И.Ю., Казарян А.В., Старостин М.В., Морчадзе Б.Д., Пилипенко И.В., Гусев П.В., Назаров А.А.. Комплексная оценка проходимости коронарных шунтов на интраоперационном этапе с использованием ультразвуковой доплеровской флоуметрии и шунтографии. Бюллетень НЦССХ им. А.Н. Бакулева. 2019; 20(11): 66-69.
2. Шония З.Д., Сигаев И.Ю.. Роль ультразвуковой флоуметрии в оценке состоятельности коронарных анастомозов. Клиническая физиология кровообращения. 2020; 17(3): 189-94.
3. Шония З.Д., Казарян А.В., Старостин М.В., Морчадзе Б.Д., Гусев П.В., Сигаев И.Ю.. Сравнительный интраоперационный анализ ультразвуковой флоуметрии и селективной шунтографии после операций аортокоронарного шунтирования. Бюллетень НЦССХ им. А.Н. Бакулева. 2020; 21(6): 92-95.
4. Сигаев И.Ю., Керен М.А., Казарян А.В., Шония З.Д.. Перспективы открытой реваскуляризации миокарда: миниинвазивное и гибридное коронарное шунтирование. Что выбрать? Грудная и сердечно-сосудистая хирургия. 2020; 62(3): 171-176.

5. Казарян А.В., Сигаев И.Ю., Бокерия Л.А., Голухова Е.З., Старостин М.В., Керен М.А., Морчадзе Б.Д., Пилипенко И.В., Гусев П.В., Шония З.Д.. Повторное коронарное шунтирование через торакотомию у пациентов с хронической сердечной недостаточностью. Cardio-vascular system. 2020; 1: 44-47.
6. Сигаев И.Ю., Керен М.А., Шония З.Д.. Возможности ультразвуковой флоуметрии в сочетании с эпикардальным ультразвуковым сканированием для комплексной оценки функционального состояния кондуитов при операциях коронарного шунтирования. Грудная и сердечно-сосудистая хирургия. 2021; 63(2): 133-139.
7. Sigaev I.Y., Kazaryan A.V., Starostin M.V., Keren M.A., Morchadze B.D., Pilipenko I.V., Kydachev I.F., Shoniya Z.D.. Multiple repeated coronary bypass surgery using the MICS method with using an intraoperative flowmeter. Journal of anesthesia & critical care: Open access. 2021; 5(2): 32-34.
8. Казарян А.В., Старостин М.В., Керен М.А., Морчадзе Б.Д., Пилипенко И.В., Кудашев И.Ф., Шония З.Д.. Выбор кондуитов при повторном коронарном шунтировании. Бюллетень НЦССХ им. А.Н. Бакулева. Сердечно-сосудистые заболевания. 2021. 22(S3): 50.
9. Сигаев И.Ю., Казарян А.В., Старостин М.В., Керен М.А., Морчадзе Б.Д., Пилипенко И.В., Кудашев И.Ф., Шония З.Д., Убушиев С.Д.. Повторное коронарное шунтирование по методике MICS и MIDCAB: анализ собственных результатов и мирового опыта. Грудная и сердечно-сосудистая хирургия. 2021; 63(1): 44-52.