

УДК 616.13-089.844

ИСКУССТВЕННЫЕ ПРОТЕЗЫ В РЕКОНСТРУКТИВНОЙ ХИРУРГИИ МАГИСТРАЛЬНЫХ АРТЕРИЙ НИЖНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ

Хачатрян В.А., Григорьян А.Ю.

Курский государственный медицинский университет (КГМУ)

Россия, 305041, Курская область, г. Курск, ул. К. Маркса, д. 3

Цель – на основании анализа отечественной и зарубежной научной литературы изучить возможности применения искусственных протезов в реконструктивной хирургии магистральных артерий нижних конечностей.

Материалы и методы. Проведен анализ современной научной литературы по искусственным протезам в реконструктивной хирургии магистральных артерий нижних конечностей.

Результаты. Несмотря на наличие достаточного количества графтов в клинической практике при реконструктивных операциях на магистральных артериях нижних конечностей в основном используются аутовена, дакроновый и политетрафторэтиленовый протезы. Однако не всегда есть возможность использовать аутовену. А при шунтирующих операциях ниже коленного сустава результаты использования синтетических графтов оставляют желать лучшего. Существует необходимость поиска новых материалов и имеющихся модификаций, с целью создания протеза, приближенного к идеальному. Искусственные протезы играют важную роль в реконструктивной хирургии магистральных артерий нижних конечностей, обеспечивая эффективное восстановление кровоснабжения и сохранение функций конечностей у пациентов с сосудистыми заболеваниями. Развитие технологий и новейших материалов позволяет совершенствовать методики лечения и повышать успешность операций, что в свою очередь способствует улучшению качества медицинской помощи и общего здоровья пациентов.

Заключение. Сердечно-сосудистые заболевания остаются ведущей причиной смертности и заболеваемости во всем мире. Они проявляется в различных формах, при этом образование аневризмы внутри аорты представляет значительную угрозу для жизни из-за потенциального разрыва, если не диагностировать и не лечить на ранних стадиях. Аневризмы аорты с риском разрыва, о чем свидетельствует увеличение диаметра аневризмы, лечатся хирургическим путем с помощью синтетических сосудистых трансплантатов большого диаметра.

Ключевые слова: реконструктивная хирургия, искусственные протезы, артерии нижних конечностей.

Хачатрян Валентина Артуровна – студентка 5 курса лечебного факультета, КГМУ, г. Курск. ORCID ID: 0000-0002-7134-1959. E-MAIL: VALENTINA777.RU@MAIL.RU (автор, ответственный за переписку).

Григорьян Арсен Юрьевич – кандидат медицинских наук, доцент кафедры оперативной хирургии и топографической анатомии, КГМУ, г. Курск. ORCID ID: 0000-0002-5039-5384. E-MAIL: GRIGORJANAU@KURSKSMU.NET.

УДК 616.13-089.844

ARTIFICIAL PROSTHESES IN RECONSTRUCTIVE SURGERY OF THE MAIN ARTERIES OF THE LOWER EXTREMITIES

Khachatryan V.A., Grigoryana.Yu.

KURSK STATE MEDICAL UNIVERSITY (KSMU)

305041, 3, K. MARX STREET, KURSK, RUSSIAN FEDERATION

OBJECTIVE: BASED ON THE ANALYSIS OF DOMESTIC AND FOREIGN SCIENTIFIC LITERATURE, TO STUDY THE POSSIBILITIES OF USING ARTIFICIAL PROSTHESES IN RECONSTRUCTIVE SURGERY OF THE MAIN ARTERIES OF THE LOWER EXTREMITIES.

MATERIALS AND METHODS. THE ANALYSIS OF MODERN SCIENTIFIC LITERATURE ON ARTIFICIAL PROSTHESES IN RECONSTRUCTIVE SURGERY OF THE MAIN ARTERIES OF THE LOWER EXTREMITIES IS CARRIED OUT.

RESULTS. DESPITE THE PRESENCE OF A SUFFICIENT NUMBER OF GRAFTS, AUTOVENE, DACRON AND POLYTETRAFLUOROETHYLENE PROSTHESES ARE MAINLY USED IN CLINICAL PRACTICE DURING RECONSTRUCTIVE OPERATIONS ON THE MAIN ARTERIES OF THE LOWER EXTREMITIES. HOWEVER, IT IS NOT ALWAYS POSSIBLE TO USE AUTOWENA. AND WITH BYPASS SURGERY BELOW THE KNEE JOINT, THE RESULTS OF USING SYNTHETIC GRAFTS LEAVE MUCH TO BE DESIRED. THERE IS A NEED TO SEARCH FOR NEW MATERIALS AND AVAILABLE MODIFICATIONS IN ORDER TO CREATE A PROsthESIS THAT IS CLOSE TO IDEAL. ARTIFICIAL PROSTHESES PLAY AN IMPORTANT ROLE IN RECONSTRUCTIVE SURGERY OF THE MAIN ARTERIES OF THE LOWER EXTREMITIES, ENSURING EFFECTIVE RESTORATION OF BLOOD SUPPLY AND PRESERVATION OF LIMB FUNCTIONS IN PATIENTS WITH VASCULAR DISEASES. THE DEVELOPMENT OF TECHNOLOGIES AND NEW MATERIALS MAKES IT POSSIBLE TO IMPROVE TREATMENT METHODS AND INCREASE THE SUCCESS OF OPERATIONS, WHICH IN TURN CONTRIBUTES TO IMPROVING THE QUALITY OF MEDICAL CARE AND THE GENERAL HEALTH OF PATIENTS.

CONCLUSION. CARDIOVASCULAR DISEASES REMAIN THE LEADING CAUSE OF DEATH AND MORBIDITY WORLDWIDE. THEY MANIFEST THEMSELVES IN VARIOUS FORMS, WHILE THE FORMATION OF AN ANEURYSM INSIDE THE AORTA POSES A SIGNIFICANT THREAT TO LIFE DUE TO THE POTENTIAL RUPTURE IF NOT DIAGNOSED AND TREATED EARLY. AORTIC ANEURYSMS WITH A RISK OF RUPTURE, AS EVIDENCED BY AN INCREASE IN THE DIAMETER OF THE ANEURYSM, ARE TREATED SURGICALLY WITH SYNTHETIC LARGE-DIAMETER VASCULAR GRAFTS.

KEYWORDS: RECONSTRUCTIVE SURGERY, ARTIFICIAL PROSTHESES, ARTERIES OF THE LOWER EXTREMITIES.

Khachatryan Valentina A. – 5 YEAR STUDENT OF THE FACULTY OF MEDICINE, KSMU, KURSK, RUSSIAN FEDERATION. ORCID ID: 0000-0002-7134-1959. E-MAIL: VALENTINA777.RU@MAIL.RU (THE AUTHOR, RESPONSIBLE FOR THE CORRESPONDENCE).

Grigoryan Arsen Y. – CANDIDATE OF MEDICAL SCIENCES, ASSOCIATE PROFESSOR OF THE DEPARTMENT OF OPERATIVE SURGERY AND TOPOGRAPHIC ANATOMY. KSMU, KURSK, RUSSIAN FEDERATION. ORCID ID: 0000-0002-5039-5384. E-MAIL: GRIGORJANAU@KURSKSMU.NET.

АКТУАЛЬНОСТЬ

Сердечно-сосудистые заболевания (ССЗ) остаются ведущей причиной смертности и заболеваемости во всем мире. ССЗ проявляется в различных формах, при этом образование аневризмы внутри аорты представляет значительную угрозу для жизни из-за потенциального разрыва, если не диагностировать и не лечить на ранних стадиях. Аневризмы аорты с риском разрыва, о чем свидетельствует увеличение диаметра аневризмы, лечатся хирургическим путем с помощью синтетических сосудистых трансплантатов большего диаметра.

В патогенезе и атеросклеротического поражения, и осложнений, ключевым участником является эндотелиальная дисфункция. Известно, что эндотелий играет важную роль в различных физиологических функциях, включая тонус сосудов, проницаемость, регуляцию ангиогенеза, пролиферацию гладкомышечных клеток, гемостатический баланс. На первом месте по частоте повреждений находятся сосуды голени и предплечья, на втором – бедра и плеча, на третьем – таза, брюшной и грудной полостей. Недавние исследования сосудистых трансплантатов в основном были сосредоточены на разработке кровеносных сосудов малого диаметра, и было предпринято мало попыток устранить недостатки, связанные с синтетическими проводниками большего диаметра. Для кровеносных сосудов малого диаметра широко исследовалось использование гидрогелей из-за гидрофильности и сходства этих материалов с внеклеточным матриксом (ЕСМ) ткани млекопитающих. Кроме того, гидрогели могут быть изготовлены с использованием различных методов, которые позволяют точно контролировать набор химических, механических и физических свойств. Одним из таких методов является 3D-печать, которая продемонстрировала большой потенциал для быстрого и экономичного производства персонализированных компонентов для биомедицинских применений [7, 8,9].

Цель исследования – на основании анализа отечественной и зарубежной научной литературы изучить возможности применения искусственных протезов в реконструктивной хирургии магистральных

артерий нижних конечностей.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Проведен анализ современной научной литературы по искусственным протезам в реконструктивной хирургии магистральных артерий нижних конечностей.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Протезирование артерий нижних конечностей – это операция по замене пораженного участка сосуда протезом. Методика позволяет восстановить проходимость при сложном строении сосуда, когда невозможно подвести катетер для проведения стентирования [2, 5, 6].

Реконструктивная хирургия магистральных артерий нижних конечностей является одной из самых важных областей современной медицины, где применение инновационных технологий и искусственных протезов имеет определяющее значение. Протезирование артерий нижних конечностей способно изменить жизнь пациентов, страдающих от заболеваний сосудов и ишемии. С каждым годом технологии развиваются, и появляются все более совершенные и эффективные искусственные протезы для восстановления кровоснабжения конечностей. Одним из наиболее распространенных материалов, применяемых при создании протезов, является полиэтилен-терефталат (ПЭТ), который обладает высокой прочностью и устойчивостью к различным негативным факторам. Искусственные протезы для магистральных артерий нижних конечностей включают в себя широкий спектр конструкций - от простых трубчатых имплантов до сложных многосоставных сосудистых анатомических конструкций. Каждый протез разрабатывается с учетом индивидуальных особенностей пациента и характеристик заболевания. Применение искусственных протезов в реконструктивной хирургии магистральных артерий нижних конечностей позволяет значительно улучшить качество жизни пациентов, уменьшить риск осложнений и продлить период их активной деятельности. Однако необходимо о

том, что любая операция с применением протезирования сопряжена с определенными рисками, и требует высокой квалификации хирурга [1, 3, 4].

Лечение пациентов с окклюзионными заболеваниями магистральных артерий является одним из наиболее актуальных разделов сосудистой хирургии. До 65% всех случаев поражается бедренно-подколенный сегмент нижних конечностей. Распространенность атеросклеротического поражения аорты и магистральных артерий способствует росту количества выполняемых реконструктивных операций. Основную роль в лечении облитерирующих заболеваний артерий нижних конечностей занимает хирургическая реваскуляризация [1].

В реконструктивной хирургии магистральных артерий нижних конечностей чаще всего используются аутовена, ксенографты и синтетические протезы. Аутовена считается протезом выбора и является наиболее распространенным графтом, используемым при реконструкциях. К сожалению, в 30% случаев нет возможности использовать аутовену по причине ее недостаточного диаметра, длины или варикозной трансформации. Несмотря на технические достижения, еще не разработан идеальный сосудистый протез.

Первопроходцем в области сосудистого протезирования является Т. GLUCK, который впервые выполнил экспериментальную трансплантацию венозного кондуита в сонную артерию собаки в 1898 г. [7]. Однако его работы не получили столь широкой огласки, как аналогичные исследования А. CARREL, который использовал венозные графты для трансплантации в различные отделы артериального русла [7]. А. CARREL был удостоен Нобелевской премии в области медицины и физиологии в 1912 г. В этой же работе отмечено, что венозный протез в артериальном русле претерпевает значительные изменения: стенки его гипертрофируются, происходит «артериализация» протеза. Несмотря на то, что в тот момент и не было речи об аневризматической трансформации протеза, это наблюдение является первым задокументированным случаем дилатации графта кровеносного сосуда. В последующем было разработано множество

множество вариантов сосудистых протезов, из которых на сегодняшний день чаще всего используются аутографты, ксенографты и синтетические протезы.

К сожалению, в настоящее время не разработан идеальный сосудистый протез. Идеальный сосудистый протез должен обладать следующими свойствами: иметь повышенную прочность, длительный срок функционирования; быть нетромбогенным, биосовместимым, устойчивым к инфицированию, гибким, эластичным как артериальная стенка, инертным по отношению к окружающим тканям; не окклюзироваться при сгибании. Должна отсутствовать физическая или химическая дегенерация стенки протеза, протез не должен повреждать клетки крови [5].

Классификация сосудистых протезов: 1. Артериальные аллографты. 2. Артериальные аутографты – внутренняя грудная артерия, лучевая артерия, внутренняя подвздошная артерия. 3. Артериальные ксенографты – сонная артерия свиньи, внутренняя грудная артерия крупного рогатого скота. 4. Венозные аутографты – большая подкожная вена (БПВ), малая подкожная вена (МПВ), латеральная и медиальная подкожные вены рук. 5. Венозные аллографты – пупочная вена. 6. Синтетические графты: а) плетеные протезы – полиуретан (дакрон); б) неплетеные полимерные графты – политетрафторэтилен (ПТФЭ). 7. Композитные графты [2,3] Артериальные аллографты. Аллотрансплантаты представляют собой ткани, взятые от другого представителя того же вида, и, как правило, являются трупным материалом. Эндотелиальный слой артериальных аллографтов быстро повреждается с формированием тромбоцитарнофибриновых сгустков, что в большинстве случаев приводит к тромбозу протеза. Артериальные аутографты. Артериальные аутопротезы наиболее приближены к идеальным протезам по своим свойствам, они более устойчивы к инфицированию, растут вместе с организмом и менее всех остальных протезов подвержены дегенеративным изменениям. В то же время они редко используются в хирургии периферических артерий в связи с риском ишемических осложнений донорской области. Чаще всего их используют при операциях, когда польза превышает риски,

например при аортокоронарном шунтировании и реконструкции почечной артерии в педиатрической практике.

Артериальные ксенографты. Ксенографты представляют собой ткани, взятые от представителя другого вида, чаще всего от свиньи или крупного рогатого скота и обработанные растворами ферментов либо поверхностно активных веществ с целью удаления клеточного компонента и сохранения соединительнотканного каркаса [2].

Венозные аутографты. С момента первой успешной операции бедренно-подколенного шунтирования, которую выполнил J. KUNLIN, используя реверсированную аутовену, в 1949 г., и по настоящее время большая подкожная вена считается протезом выбора и является наиболее распространенным графтом, используемым при реконструктивных операциях на магистральных артериях. Как было упомянуто выше, еще в начале XX в. CARREL отметил, что венозный графт в условиях артериального русла претерпевает изменения в виде гипертрофирования стенок протеза, происходит, как выразился ученый, «артериализация» протеза [6]. Эти изменения способствуют адаптации протеза к большим гемодинамическим нагрузкам. Аутовена может использоваться как в реверсированном, так и в нереверсированном варианте при разрушении клапанов вальвулотомом. В нереверсированном варианте вена может находиться INSITU в качестве альтернативного варианта при бедренно-трифуркационном шунтировании.

Венозные аллографты. Аналогично артериальным, использование венозных аллографтов ассоциировано с риском образования аневризм протеза и передачи вирусов или прионных заболеваний. К этой категории относится и пупочная вена человека. Для ликвидации возможности антигенного ответа алловену обрабатывают глутаральдегидом, что еще больше приводит к вероятности ее аневризматического поражения. Имеются работы по армированию децеллюляризированной пупочной вены сеткой из полиэфирного волокна. Так, в своем исследовании DARDIK и соавт. имплантировали бабуинам армированную полиэстровую сеткой бесклеточную вену в аорто-подвздошную позицию конец-в-бок.

По прошествии 9 месяцев исследователи не отметили образование аневризм в послеоперационном периоде.

Синтетические графты. С момента, как A.V. VOORNEES с коллегами разработали нейлоновый сосудистый протез «Виньон N» в 1952 г., было предложено множество вариантов синтетических графтов. Однако наибольшее распространение получили протезы из полиуретана (дакрон) и политетрафторэтилена. Полиуретановые протезы могут быть тканые и вязаные. Тканые протезы имеют меньшие промежутки между волокнами и тем самым обладают меньшей пористостью, что определяет жесткость таких графтов. Как следствие, интраоперационное использование таких протезов значительно усложняется. Вязаные протезы имеют большую пористость, что в свою очередь упрощает обращение с этим типом графтов. Большинство вязаных протезов необходимо промывать кровью перед использованием для формирования микротромбов в промежутках между волокнами. В иностранной литературе используется термин PRECLOTTING (PRE – прежде, SLOT – тромб), который отражает сущность процедуры. Исключение составляют современные вязаные протезы, покрытые коллагеном. При их использовании нет необходимости предварительной обработки графта кровью [3].

Композитные графты. Как уже упоминалось, примерно в одной трети всех случаев нет возможности использовать аутовену по причине недостаточности ее длины, калибра или качества. Длинные синтетические протезы имеют большую частоту тромбозов по сравнению с короткими в связи с длительным контактом с поверхностью графта и сниженной скоростью кровотока в протезе. С целью уменьшить длину синтетического графта используют композитные шунты посредством анастомозирования вены и протеза конец-в-конец или конец-в-бок. На данный момент имеется крайне мало исследований по сравнению цельных протезов с композитными графтами.

ВЫВОДЫ

Несмотря на наличие достаточного количества графтов в клинической практике

реконструктивных операциях на магистральных артериях нижних конечностей в основном используются аутовена, дакроновый и политетрафторэтиленовый протезы.

Однако не всегда есть возможность использовать аутовену. А при шунтирующих операциях ниже коленного сустава результаты использования синтетических графтов оставляют желать лучшего.

Таким образом, существует необходимость поиска новых материалов и имеющихся модификаций, с целью создания протеза, приближенного к идеальному. Искусственные протезы играют важную роль в реконструктивной хирургии магистральных артерий нижних конечностей, обеспечивая эффективное восстановление кровоснабжения и сохранение функций конечностей у пациентов с сосудистыми заболеваниями. Развитие технологий и новейших материалов позволяет совершенствовать методики лечения и повышать успешность операций, что в свою очередь способствует улучшению качества медицинской помощи и общего здоровья пациентов.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

ЛИЧНЫЙ ВКЛАД АВТОРОВ

Хачатрян В.А., – сбор и обработка материала, выполнение эксперимента, подготовка черновика статьи;

Григорьян А.Ю.– научное руководство, редактирование окончательного варианта статьи, обработка текста.

ИСТОЧНИКИ ФИНАНСИРОВАНИЯ

Авторы заявляют об отсутствии финансирования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ахмедов Ш.Д., Афанасьев С.А., Егорова М.В., Андреев С.Л., Иванов А.В., Роговская Ю.В., Усов В.Ю., Шведов А.Н., STEINHOFF G. Использование бесклеточ-

ного коллагенового матрикса в качестве платформы для изготовления кровеносных сосудов в сердечно-сосудистой хирургии. *Ангиология и сосудистая хирургия*. 2012;18(2):7-12. DOI: <https://doi.org/10.17816/PED6187-95>.

2. Ахмедов Ш.Д., Афанасьев С.А., Егорова М.В., Андреев С.Л., Иванов А.В., Роговская Ю.В., Усов В.Ю., Шведов А.Н., STEINHOFF G. Тканевая инженерия в экспериментальной сердечно-сосудистой хирургии: технология получения бесклеточных коллагеновых матриксов сосудов животных и человека. *Клеточная трансплантология и тканевая инженерия*. 2011;6(1):69-72. DOI: [10.24884/0042-4625-2020-179-1-12-19](https://doi.org/10.24884/0042-4625-2020-179-1-12-19).
3. Ивченко А.О., Шведов А.Н., Ивченко О.А. Сосудистые протезы, используемые при реконструктивных операциях на магистральных артериях нижних конечностей. 2017;16(1):132-139. DOI [10.20538/1682-0363-2017-1-132-139](https://doi.org/10.20538/1682-0363-2017-1-132-139).
4. Лазаренко В.А., Бобровская Е.А., Липатов В.А., Иванов И.С. Функциональная активность эндотелия в системном и местном кровотоке у пациентов облитерирующим атеросклерозом и развитие рестеноза после операции бедренно-подколенного шунтирования. *Вестник Авиценны*. 2023;4:478-486. DOI: [10.25005/2074-0581-2023-25-4-478-487](https://doi.org/10.25005/2074-0581-2023-25-4-478-487).
5. Покровский А.В., Бокерия Л.А., Спиридонов А.А., Абалмасов К.Г., Морозов К.М. Микрохирургия при поражении артерий дистального русла нижней конечности. *Клиническая ангиология*. 2004;1(4):55. DOI [10.20538/1682-0363-2017-1-132-139](https://doi.org/10.20538/1682-0363-2017-1-132-139).
6. Сорин В.Л., Сорина А.И., Черкасов В.Р. Анализ зарубежного рынка регенеративной медицины. *Клеточная трансплантология и тканевая инженерия*. 2009;4(3):68-78. URL: <https://genescells.ru/2313-1829/ARTICLEVIEW/121437>.
7. Суковатых Б.С., Аптаров З.Н., Суковатых М.Б., Гордов М.Ю., Григорьян А.Ю. Эффективность биологического протеза в лечении травматических дефектов бедренных артерий. *Комплексные проблемы сердечно-сосудистых заболеваний*. 2024;13(1):46-53. DOI: [10.17802/2306-1278-2024-13-1-46-53](https://doi.org/10.17802/2306-1278-2024-13-1-46-53).

8. Шойхет Я.Н., Хорев Н.Г. Ангиология и сосудистая хирургия. *Принтукспресс*. 2009;448. DOI:1995-1477-2022-19-1-44-49.
9. DIENH C, LAWALL H, HUBER R. *EPI-DEMOLOGY OF PERIPHERAL ARTERIAL DISEASE*. 2004;33(4):183-189. DOI: 10.1024/0301-1526.33.4.183.