

Выбор сосудистых имплантатов в соответствии с возрастными изменениями сосуда

В.А. Липатов, Н.Н. Григорьев, Д.А. Северинов*, А.Р. Саакян

Кафедра детской хирургии и педиатрии факультета последипломного образования
ФГБОУ ВО «Курский государственный медицинский университет» МЗ РФ
Российская Федерация, 305041, Курск, ул. К. Маркса, д. 3

* Контактная информация: Северинов Дмитрий Андреевич, ассистент кафедры детской хирургии и педиатрии факультета последипломного образования ФГБОУ ВО КГМУ МЗ РФ. Email: dmitriy.severinov.93@mail.ru

АКТУАЛЬНОСТЬ	На сегодняшний день одной из проблем современного общества в сфере здравоохранения являются высокие показатели летальности от сердечно-сосудистых заболеваний.
ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ	Изучение физико-механических свойств сосудистых имплантатов и стенки аорты для обоснования адекватного выбора пластического материала при выполнении реконструктивно-восстановительных оперативных вмешательств у пациентов различных возрастных групп.
МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ	В качестве объекта исследования были использованы участки передней стенки грудной и брюшной аорты, изъятые из 30 трупов. Группы исследования: № 1 — от 33 до 60 лет, № 2 — от 60 до 92 лет. Также оценивали физико-механические свойства: конечная длина, коэффициент пластической деформации, разрывная одноосная нагрузка (вдоль) трех видов сосудистых имплантатов на основе полиэтилентерефталата и политетрафторэтилена. Для определения достоверности отличий применяли непараметрический <i>H</i> -критерий Краскела–Уоллиса.
РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ	Конечная длина стенки аорты изменяется незначительно в группах исследования, в то время как коэффициент пластической деформации брюшного отдела аорты в группе № 1 оказался выше в 1,3 раза по сравнению с грудным. Значения показателей «Конечная длина» (в 1,4 раза) и «Коэффициент пластической деформации» (в 1,5 раза) при оценке физико-механических свойств грудного и брюшного отделов аорты были выше в группе исследования № 1, а значение показателя «Разрывная нагрузка» выше в группе № 2 по сравнению с группой № 1 (в 1,47 раза). Разрывная нагрузка грудного отдела аорты из группы № 1 на 14 Н и 27 Н меньше в сравнении с образцами из групп № 1 и № 3 соответственно, но в 1,6 раза больше образца из группы № 2. Группа № 3 — новый тип сосудистой заплаты, разработанный коллективом авторов совместно с фирмой ООО «Линтекс» (Санкт-Петербург). Разрывная нагрузка брюшного отдела аорты из группы № 1 в сравнении с образцом из группы № 2 на 13 Н больше. В группе исследования № 2 значения разрывной нагрузки грудного отдела аорты больше соответствующих значений имплантатов в 1,3 раза (образец № 1), в 2,4 раза (образец № 2) и в 1,16 раза (образец № 3).
ВЫВОДЫ	Для протезирования брюшного отдела аорты в группе № 1 могут быть использованы образцы сосудистых имплантатов № 3, а для протезирования грудного отдела аорты — образцы имплантатов № 1. В группе исследования № 2 в случае протезирования брюшного и грудного отделов аорты возможно применение сосудистых имплантатов № 3 ввиду близости значений оцениваемых характеристик.
Ключевые слова:	аорта, эластичность, механические свойства, возраст, протез, сосудистый имплантат, реконструктивно-восстановительное оперативное вмешательство
Для цитирования	Липатов В.А., Григорьев Н.Н., Северинов Д.А., Саакян А.Р. Выбор сосудистых имплантатов в соответствии с возрастными изменениями сосуда. <i>Журнал им. Н.В. Склифосовского Неотложная медицинская помощь</i> . 2020;9(2):195–200. https://doi.org/10.23934/2223-9022-2020-9-2-195-200
Конфликт интересов	Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов
Благодарность, финансирование	Работа выполнялась в соответствии с планом научных исследований ФГБОУ ВО «Курский государственный медицинский университет» Минздрава России. Финансовой поддержки со стороны компаний-производителей лекарственных препаратов и изделий медицинского назначения авторы не получали

ПТФЭ — политетрафторэтилен
ПЭТФ — полиэтиленгликольтерефталат

ВВЕДЕНИЕ

Сердечно-сосудистые заболевания на протяжении последних десятилетий являются одной из главных причин смертности населения как в большинстве стран мира, так и в Российской Федерации (РФ) [1, 2]. По данным о состоянии здоровья населения РФ за последние 5 лет доля сердечно-сосудистой патологии

в общей структуре заболеваемости достигла 33,25%. Высокий удельный вес в структуре смертности от сердечно-сосудистых заболеваний приходится на заболевания магистральных сосудов, в том числе аорты [3, 4]. Хронические и острые заболевания аорты привлекают все большее внимание исследователей в связи с уве-

личением количества пациентов с данной патологией и необходимостью разработки современных методов ранней диагностики и лечения [5, 6].

В пожилом возрасте аорта легко подвергается патологическим изменениям, когда на физиологическую (возрастную) потерю структурных элементов сосудистой стенки наслаивается атеросклероз и/или артериальная гипертензия, что существенно удлиняет процессы регенерации стенки поврежденного сосуда в послеоперационном периоде в случаях протезирования участка сосудистого русла [7–9]. Использование пластического материала на основе политетрафторэтилена (ПТФЭ) является всемирно признанным стандартом в протезировании аорты. Но сосудистые протезы из мелкопористого полиэтилентерефталата (ПЭТФ) также очень удобны при выполнении сосудистых анастомозов, отличаются достаточной хирургической порозностью, способствующей лучшей биологической совместимости с тканями живого организма. Поверхность таких имплантатов непроницаема даже при высоком артериальном давлении и в то же время доступна для прорастания тканями живого организма, которые впоследствии образуют псевдоинтиму [10–12]. Протезы на основе ПТФЭ проявляют более выраженные тромборезистентные свойства по сравнению с протезами из лавсана и другими современными материалами, используемыми для изготовления широко известных синтетических сосудистых протезов. Но такие сосудистые протезы отличаются длительным процессом инкорпорации ввиду своей монолитности, которая обуславливает рост соединительной ткани вокруг протеза, образуя плотную капсулу не между волокнами, а снаружи [13–15].

Однако поиск синтетического материала для производства новых образцов сосудистых протезов научным сообществом активно продолжается [16, 17]. Стоит отметить, что перед каждой реконструктивно-восстановительной операцией сердечно-сосудистой хирург подбирает протез персонально для каждого пациента, учитывая возрастные и индивидуальные особенности последнего.

Цель исследования заключается в изучении физико-механических свойств сосудистых имплантатов и стенки аорты для обоснования адекватного выбора пластического материала при выполнении реконструктивно-восстановительных оперативных вмешательств у пациентов различных возрастных групп.

Задачи исследования:

1. Адаптировать существующие методики изучения физико-механических свойств тканей с помощью разрывной машины для оценки возрастных изменений грудной и брюшной аорты, а также при подборе сосудистых имплантатов.

2. В сравнительном аспекте изучить физико-механические свойства (конечная длина, коэффициент пластической деформации, разрывная одноосная нагрузка — вдоль) участков стенки грудной и брюшной аорты в разных возрастных периодах, для подбора сосудистых имплантатов.

3. Сопоставить полученные данные и определить образцы сосудистых имплантатов, наиболее подходящие для использования при реконструктивно-восстановительных оперативных вмешательствах в качестве пластического материала у пациентов различных возрастных групп.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследование выполнялось под контролем Регионального этического комитета при ФГБОУ ВО КГМУ Минздрава России. Изъятие и использование биологического материала осуществлялось согласно действующим на территории РФ нормативно-правовым актам, в частности, в рамках Постановления Правительства РФ от 21.07.2012 № 750 (ред. от 17.12.2016) «Об утверждении Правил передачи невосстребованного тела, органов и тканей умершего человека для использования в медицинских, научных и учебных целях, а также использования невосстребованного тела, органов и тканей умершего человека в указанных целях».

В качестве объекта исследования были использованы участки передней стенки грудной (нисходящая часть дуги аорты) и брюшной аорты (инфраренальный отдел выше деления на *arteria iliaca communis*) прямоугольной формы длиной 5 и шириной 2 см, изъятые из 30 трупов лиц мужского и женского пола, умерших в возрасте от 33 до 92 лет. Забор материала осуществляли в течение часа с момента наступления смерти. Выделяли следующие группы исследования (по 15 образцов каждого вида соответственно) согласно возрастным периодам: группа № 1 — от 33 до 60 лет, группа № 2 — от 60 до 92 лет.

При заборе фрагментов аорты с целью унификации и исключения ошибок исследования из-за сокращения стенки сосуда после его полного пересечения применялся инструмент для забора биологического материала — держатель для сосудов, представляющий собой два кровоостанавливающих зажима, фиксированных на необходимом для исследования расстоянии. Это позволило забирать участок аорты строго определенной длины (5 см) и уменьшить погрешность, возникающую после выделения ее фрагмента.

Также испытывали физико-механические свойства образцов сосудистых имплантатов (длина — 5 см, ширина — 2 см) на основе волокон ПТФЭ и ПЭТФ, подробная характеристика которых представлена ниже (табл. 1). Образцы № 1 и № 2 широко применяют в клинической практике в качестве пластического материала, образец № 3 — новый тип сосудистой заплаты, разработанный коллективом авторов совместно с фирмой ООО «Линтекс» (Санкт-Петербург).

Испытания производили с помощью разрывной машины РЭМ-0,2-1 (производитель: ООО «Метротест», Нефтекамск, Республика Башкортостан), в ходе которых оценивали показатели физико-механических свойств аорты: конечная длина, коэффициент пластической деформации, разрывная одноосная нагрузка (вдоль). Исследование выполняли, опираясь на ГОСТ 8847-85 «Полотна трикотажные. Методы определения разрывных характеристик и растяжимости при нагрузках, меньше разрывных». Коэффициент пластической деформации, который характеризует изменение длины аорты до и после нагрузки в 100 Н, рассчитывали по формуле:

$$E_p = \frac{L_k - L_0}{L_0} \cdot 100\%,$$

где L_k — длина полотна после нагрузки, мм; L_0 — первоначальная длина полотна, мм; E_p — коэффициент пластической деформации (коэффициент Пуассона)

Статистическую обработку полученных данных проводили с применением методик описательной и вариационной статистики — расчета медианы и 25 и 75 %о (*Me* [25; 75]). В качестве программной среды использовали *trial*-версию программы *Statistica 10* (производитель *Dell Software Company, Round Rock, Texas, United States of America*). Для определения достоверности различий применяли непараметрический *H*-критерий Краскела–Уоллиса. Критический уровень значимости при проверке статистических гипотез в данном исследовании принимали равным 0,05 — допустимое для медико-биологических исследований значение *p*.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

По результатам исследования были получены данные, которые представлены ниже (табл. 2).

Значение такого показателя, как «Конечная длина», в 1,4 раза выше в группе № 1 по сравнению с группой № 2. Коэффициент пластической деформации группы № 1 в 1,5 раз превышает показатели группы № 2. Данные показатели характеризуют пластичность и эластичность образца (возможность изменять свою длину), что немаловажно для стенок сосудов артериального русла, так как это позволяет им адаптироваться к значительному давлению. Показатель «Разрывная нагрузка», напротив, характеризует жесткость образца, который при оценке свойств грудного отдела значения оказался выше в группе № 2 по сравнению с группой № 1 в 1,47 раза.

Согласно данным, приведенным в табл. 3, можно отметить, что значения показателей «Конечная длина» и «Коэффициент пластической деформации», как и в случае оценки физико-механических свойств грудного отдела аорты, выше в группе исследования № 1 в 1,5 и 2 раза соответственно по сравнению с значениями группы № 2. Жесткость брюшного отдела аорты образцов группы исследования № 2 (137,2 Н) несколько выше группы № 1 (128,6 Н), что подтверждается большим значением показателя «Разрывная нагрузка» (табл. 4).

Оценивая физико-механические свойства сосудистых имплантатов, отметим, что конечная длина всех образцов имеет примерно равные значения от 68,5 Н (образцы № 1) до 69,5 (образцы № 3), как и значения показателя «Коэффициент пластической деформации» несколько увеличиваются в ряду: образцы № 1 → образцы № 2 → образцы № 3. Но разрывная нагрузка значительно выше у образцов № 3 по сравнению с двумя другими видами имплантатов (в 2 раза относительно образцов № 2, в 1,1 раза — относительно образцов № 1).

ОБСУЖДЕНИЕ

Исходя из полученных данных, можно утверждать, что конечная длина стенки аорты изменяется незначительно в группах исследования. Так, конечная длина грудного отдела образцов в группе № 1 на 8 Н меньше, чем брюшного отдела, а во группе исследования № 2 больше на 5 Н. Значения показателя «Коэффициент пластической деформации» брюшного отдела аорты в группе № 1 выше в 1,3 раза по сравнению с грудным отделом, а в группе № 2 разница менее выражена и составляет всего 7,27 Н. Разрывная нагрузка брюшного отдела аорты группы № 1 на 27,1 Н превышает таковую грудного отдела аорты данной группы, а в группе № 2, наоборот, отмечается большее значение при оценке

Таблица 1

Сравнительные характеристики тестируемых образцов

Table 1

Comparative characteristics of the tested samples

Характеристика	Образцы		
	№ 1	№ 2	№ 3
Химическая структура волокон	ПТФЭ	ПЭТФ + Фторлон	ПЭТФ
Тип переплетения волокон	Нетканое полотно	Тканое полотно	Основовязаное полотно
Дополнительная обработка в процессе производства	—	Желатин	—

Примечания: ПТФЭ — политетрафторэтилен, ПЭТФ — полиэтилентерефталат
Notes: ПТФЭ — polytetrafluoroethylene; ПЭТФ — polyethyleneterephthalate

Таблица 2

Физико-механические свойства грудного отдела аорты, Me [25; 75]

Table 2

Physical and mechanical properties of the thoracic aorta, Me [25; 75]

Группы	Показатели		
	Конечная длина, мм	Коэффициент пластической деформации, %	Разрывная нагрузка, Н
1 (от 33 до 60 лет)	165,97 [142,73; 180,55]	83,78 [80,79; 86,19]	101,5 [73,4; 112,7]
2 (от 60 до 92 лет)	116,29 [112,76; 117,79]	55,86 [53,13; 57,06]	149,3 [123,0; 179,5]
<i>p</i>	0,00001*	0,000003*	0,0003*

Примечание: * — статистически значимые различия; *p* — достоверность различия показателей физико-механических свойств группы № 1 по отношению к группе № 2

Notes: * — statistically significant differences; *p* — the accuracy of differences of physical mechanical properties in Groups 1 and 2

Таблица 3

Физико-механические свойства брюшного отдела аорты, Me [25; 75]

Table 3

Physical and mechanical properties of the abdominal aorta, Me [25; 75]

Группы	Показатели		
	Конечная длина, мм	Коэффициент пластической деформации, %	Разрывная нагрузка, Н
1 (от 33 до 60 лет)	173,57 [163,87; 194,46]	106,48 [88,78; 112,58]	128,6 [115,7; 152,7]
2 (от 60 до 92 лет)	111,44 [109,34; 117,16]	48,59 [46,63; 53,32]	137,2 [119,2; 197,7]
<i>p</i>	0,000003*	0,00001*	0,245

Примечание: * — статистически значимые различия; *p* — достоверность различия показателей физико-механических свойств группы № 1 по отношению к группе № 2

Notes: * — statistically significant differences; *p* — accuracy time differences of physical properties and mechanical properties in Groups 1 and 2

грудного отдела аорты (на 12,1 Н больше в сравнении с брюшным отделом).

Отметим, что разрывная нагрузка выше в группе № 2 (возраст от 60 до 92 лет) по сравнению с группой № 1 (возраст от 33 до 60 лет), как при исследовании физико-механических свойств грудного отдела, так и брюшного отдела аорты. Это подтверждается наличием статистически значимых различий (табл. 2 и 3). Увеличение разрывной нагрузки обратно пропорционально значениям таких показателей, как «Конечная длина» и «Коэффициент пластической деформации»,

что связано со снижением упруго-эластических свойств сосудистой стенки ввиду возрастных изменений.

При сравнении значений показателей физико-механических свойств стенки аорты и сосудистых имплантатов нами было обнаружено следующее. Конечная длина грудного отдела аорты группы № 1 в 2,4 раза больше по сравнению с результатами всех тестируемых сосудистых имплантатов, а в группе № 2 — в 1,7 раза больше. При оценке изменения длины брюшного отдела аорты отмечается преобладание значений показателя «Конечная длина» в группе № 1 в 2,5 раза над значениями сосудистых имплантатов, а в группе № 2 — как и в случае сравнения с грудным отделом — в 1,7 раза. Коэффициент пластической деформации образцов сосудистых имплантатов в 2,3 раза меньше по сравнению с грудным отделом аорты группы № 1 и в 2,9 раза в сравнении с брюшным отделом. Значения данного показателя группы № 2 и сосудистых имплантатов также значительны — в случаях сравнения грудного и брюшного отделов с кондуитами отмечается преобладание первых в 1,4 и 1,2 раза.

Разрывная нагрузка сосудистых имплантатов имеет различные значения, что не позволяет сравнивать их с группами исследования в общей совокупности. Разрывная нагрузка грудного отдела аорты в группе № 1 на 14 Н и 27 Н меньше в сравнении с образцами № 1 (ПТФЭ) и № 3 (ПЭТФ), но в 1,6 раза больше образца № 2. Однако значения показателя «Разрывная нагрузка» брюшного отдела аорты в группе № 1 отличаются не столь значительно: в сравнении с образцом № 1 — на 13 Н больше, с образцом № 2 — в 2 раза больше, что практически полностью соответствует значению образца № 3 (128 Н). В группе исследования № 2 значения разрывной нагрузки грудного отдела аорты больше значений имплантатов в 1,3 раза (образец № 1), в 2,4 раза (образец № 2), в 1,16 раза (образец № 3).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Учитывая результаты исследования физико-механических свойств стенки аорты, можно предположить, что наиболее подходящими для протезирования ее брюшного отдела в группе № 1 (возраст от 33 до 60 лет) являются образцы сосудистых имплантатов на основе ПЭТФ (образец № 3) ввиду близости значений оцениваемых характеристик. В то же время для протезирования грудного отдела аорты наиболее подходящими являются образцы имплантатов № 1, выполненные на основе политетрафторэтилена и представляющие собой нетканое полотно.

В возрастном периоде от 60 до 92 лет (группа исследования № 2) в обоих рассматриваемых случаях — для протезирования брюшного и грудного отделов аорты, по нашему мнению, целесообразно применение сосудистых имплантатов на основе полиэтилентерефталата

ЛИТЕРАТУРА

- Rychlik IJ, Davey P, Murphy J, O'Donnell ME. A meta-analysis to compare Dacron versus polytetrafluoroethylene grafts for above-knee femoropopliteal artery bypass. *J Vasc Surg.* 2014;60(2):506–515. PMID: 24973288 <https://doi.org/10.1016/j.jvs.2014.05.049>
- Терегулов Ю.Э., Терегулов Е.Т., Хусаинова Д.К., Мухаметшина Ф.Н., Абдулганиева Д.И., Мангушева М.М. Интегральная жесткость артериальной системы у больных с артериальными гипертензиями различного генеза. *Казанский медицинский журнал.* 2014; 95(6): 781–785.
- Лейкехман А.В., Сойнов И.А., Синельников Ю.С., Кейль И.М., Прохорова Д.С., Нарцисова Г.П. и др. Упруго-эластические свойства стенки аорты у пациентов после коарктации аорты. *Российский вестник перинатологии и педиатрии.* 2016;61(3):153–154.

Таблица 4

Физико-механические свойства сосудистых имплантатов, Ме [25; 75]

Table 4

Physical and mechanical properties of vascular grafts, Ме [25; 75]

Образцы	Показатели		
	Конечная длина, мм	Коэффициент пластической деформации, %	Разрывная нагрузка, Н
1 (ПТФЭ)	68,5 [65,45; 72,36]	37 [34,46; 39,67]	115 [118; 122]
2 (ПЭТФ+Фторлон)	69,1 [66,04; 73,13]	38 [35,56; 40,67]	62 [60; 66]
3 (ПЭТФ)	69,5 [64,34; 74,07]	39 [36,23; 41,56]	128 [136; 130]
ρ_1	0,000002*	0,00003*	0,000001*
ρ_2	0,0000001*	0,0000002*	0,00001*
ρ_3	0,000002*	0,0003*	0,000002*

Примечание: * — статистически значимые различия; ρ_1 — достоверность отличия значений показателей физико-механических свойств образцов № 1 по отношению к образцам № 2; ρ_2 — достоверность отличия значений показателей физико-механических свойств образцов № 1 по отношению к образцам № 3; ρ_3 — достоверность отличия значений показателей физико-механических свойств образцов № 2 по отношению к образцам № 3; ПТФЭ — политетрафторэтилен
Notes: * — statistically significant differences. ρ_1 — the significance of differences in the values of the physico-mechanical properties of Group 1 samples compared to Group 2 samples; ρ_2 — the significance of differences in the values of the physico-mechanical properties of Group 1 samples compared to Group 3 samples; ρ_3 — the significance of differences in the values of the physical and mechanical properties of Group 2 samples compared to Group 3 samples

та (образец № 3), так как разрывная нагрузка данных образцов (128 Н) наиболее близка к таковым в группе № 2 (149,3 Н и 137,2 Н).

ВЫВОДЫ

Исходя из полученных данных, можно утверждать, что конечная длина стенки аорты изменяется незначительно в группах исследования, в то время как коэффициент пластической деформации брюшного отдела в группе № 1 выше в 1,3 раза по сравнению с грудным ее отделом.

Значения показателей «Конечная длина» (в 1,4 раза) и «Коэффициент пластической деформации» (в 1,5 раза) в случаях оценки физико-механических свойств грудного и брюшного отделов аорты выше в группе исследования № 1, а значение показателя «Разрывная нагрузка» выше в группе № 2 по сравнению с группой № 1 (в 1,47 раза).

Для протезирования брюшного отдела в группе № 1 могут быть использованы образцы сосудистых имплантатов на основе полиэтилентерефталата (образец № 3), а для протезирования грудного отдела аорты — образцы № 1 (политетрафторэтилен). В группе исследования № 2 в случаях протезирования брюшного и грудного отделов аорты возможно применение сосудистых имплантатов на основе полиэтилентерефталата (образец № 3).

- Новикова С.П., Салохединова Р.Р., Лосева С.В., Николашина Л.Н., Левкина А.Ю. Анализ физико-механических и структурных характеристик протезов кровеносных сосудов. *Грудная и сердечно-сосудистая хирургия.* 2012;(4):27–33.
- Педли Т. *Гидродинамика крупных кровеносных сосудов.* Москва: Мир, 1983.
- Сойнов И.А., Синельников Ю.С., Омельченко А.Ю., Орехова Е.Н., Кулябин Ю.Ю., Ничай Н.Р. и др. Эластические свойства аорты у пациентов после различных вариантов коррекции коарктации аорты: результаты проспективного когортного исследования. *Артериальная гипертензия.* 2016;22(5):466–475. <https://doi.org/10.18705/1607-419X-2016-22-5-466-475>

7. Ефимов А.А. Морфологический анализ возрастных изменений артериальной стенки. *Российский медико-биологический вестник им. И.П. Павлова*. 2011;(3):8–12.
8. Жирнова О.А., Берестень Н.Ф., Пестовская О.Р., Богданова Е.Я. Неинвазивная диагностика нарушения эластических свойств артериальных сосудов. *Angiologia.ru*. 2011;(1):27–42. URL: http://angiologia.ru/specialist/journal_angiologia/001_2011/05/index.pdf [Дата обращения 18.05.2020]
9. Лазаренко В.А., Бобровская Е.А., Мезенцева А.В. Динамика уровня маркеров эндотелиальной дисфункции после хирургических вмешательств на аорто-подвздошном сегменте. *Диагностическая и интервенционная радиология*. 2017;11(4):25–33.
10. Адзерико И.Э. Артериальная гипертензия: упруго-эластические свойства крупных артериальных сосудов и эффективность антигипертензивной терапии. *Медицинские новости*. 2010;(10):24–30.
11. Доценко Н.Я., Доценко С.Я., Порада Л.В., Герасименко Л.В. Технические возможности исследования упруго-эластических свойств сосудов. *Артериальная гипертензия*. 2011;2(16):69–73.
12. Иванов А.В., Липатов В.А., Лазаренко С.В., Жуковский В.А. К вопросу о биосовместимости новых образцов заплат для коррекции дефектов магистральных сосудов. *Научное обозрение. Медицинские науки*. 2014;(1):129–130.
13. Ивченко А.О., Шведов А.Н., Ивченко О.А. Сосудистые протезы, используемые при реконструктивных операциях на магистральных артериях нижних конечностей. *Бюллетень сибирской медицины*. 2017;16(1):132–139. <https://doi.org/10.20538/1682-0363-2017-1-132-139>
14. Липатов В.А., Лазаренко С.В., Бец А.Н., Северинов Д.А. Изменение физико-механических свойств образцов сосудистых заплат в условиях хронического эксперимента in vivo. *Новости хирургии*. 2019;27(3):249–255. <https://doi.org/10.18484/2305-0047.2019.3.249>
15. Kwon H, Hong JP, Han Y, Han Y, Park H, Song GW et al. Use of cryopreserved cadaveric arterial allograft as a vascular conduit for peripheral arterial graft infection. *Ann Surg Treat Res*. 2015;89(1):51–54. PMID: 26131446 <https://doi.org/10.4174/ast.2015.89.1.51>
16. Greenwald SE, Berry CL. Improving vascular grafts: the importance of mechanical and haemodynamic properties. *J Pathol*. 2010;190(3):292–299. PMID: 10685063 [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1096-9896\(200002\)190:3<292::AID-PATH528>3.0.CO;2-S](https://doi.org/10.1002/(SICI)1096-9896(200002)190:3<292::AID-PATH528>3.0.CO;2-S)
17. Дзяк Г.В., Колесник Э.Л. Упруго-эластические свойства артериальной стенки в зависимости от возраста у мужчин с артериальной гипертензией. *Украинский кардиологический журнал*. 2015;(3):13–19.

REFERENCES

1. Rychlik IJ, Davey P, Murphy J, O'Donnell ME. A meta-analysis to compare Dacron versus polytetrafluoroethylene grafts for above-knee femoropopliteal artery bypass. *J Vasc Surg*. 2014;60(2):506–515. PMID: 24973288 <https://doi.org/10.1016/j.jvs.2014.05.049>
2. Teregulov YuE, Teregulova ET, Khusainova DK, Mukhametshina FN, Abduganieva DI, Mangusheva MM. Integral Stiffness of Arterial System in Patients with Arterial Hypertension of Different Genesis. *Kazan Medical Journal*. 2014;95(6):781–785. (In Russ.)
3. Leykekhman AV, Soyнов IA, Sinel'nikov YuS, Keyl' IM, Prokhorova DS, Nartsisova GP, et al. Uprugo-elasticheskie svoystva stenki aorty u patsientov posle koarktatsii aorty. *Rossiyskiy Vestnik Perinatologii i Pediatrii*. 2016;61(3):153–154. (In Russ.)
4. Novikova SP, Salokhedina RR, Loseva SV, Nikolashina LN, Levkina AY. Analysis of physico-mechanical and structural characteristics of vascular prostheses. *Russian Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*. 2012;(4):27–33. (In Russ.)
5. Pedley TJ. *The Fluid Mechanics of Large Blood Vessels*. Cambridge: Cambridge University Press; 1980. (Russ. Ed.: Pedli T. *Gidrodinamika krupnykh krovenosnykh sosudov*. Moscow: Mir Publ.; 1983.)
6. Soyнов IA, Sinel'nikov YS, Omelchenko AY, Orehova EA, Kulyabin YY, Nichay NR, et al. Elastic properties of aorta after different types of surgical correction of aorta coarctation: a prospective cohort study. *Arterial'naya Gipertenziya (Arterial Hypertension)*. 2016;22(5):466–475. (In Russ.) <https://doi.org/10.18705/1607-419X-2016-22-5-466-475>
7. Efimov AA. The morphological analysis of age changes of an arterial wall. *IP Pavlov Russian Medical Biological Herald*. 2011;19(3):8–12. <https://doi.org/10.17816/PAVLOVJ201138-12>
8. Zhirnova OA, Beresten' NF, Pestovskaya OR, Bogdanova EYa. Neinvazivnaya diagnostika narusheniya elasticheskikh svoystv arterial'nykh sosudov. *Angiologia.ru*. 2011;(1):27–42. Available at: http://angiologia.ru/specialist/journal_angiologia/001_2011/05/index.pdf [Accessed 18.05.2020]
9. Lazarenko VA, Bobrovskaya EA, Mezentseva AV. Dynamics of Markers Level of Endothelial Dysfunction After Surgery on the Aortoiliac Segment. *Diagnostic and Interventional Radiology*. 2017;11(4):25–33. (In Russ.)
10. Adzerikho IE. Arterial'naya gipertenziya: uprugо-elasticheskie svoystva krupnykh arterial'nykh sosudov i effektivnost' antigipertenzivnoy terapii. *Meditsinskie novosti*. 2010;(10):24–30.
11. Dotsenko NYa, Dotsenko SYa, Porada LV, Gerasimenko LV. Tekhnicheskie vozmozhnosti issledovaniya uprugо-elasticheskikh svoystv sosudov. *Arterial'naya Gipertenziya (Arterial Hypertension)*. 2011;2(16):69–73. (In Russ.)
12. Ivanov AV, Lipatov VA, Lazarenko SV, Zhukovskiy VA. On the Biocompatibility of New Samples of Patches to Correct Defects in the Great Vessels. *Nauchnoe obozrenie. Meditsinskie nauki*. 2014;(1):129–130. (In Russ.)
13. Ivchenko AO, Shvedov AN, Ivchenko OA. Vascular prostheses used in infrainguinal arterial reconstruction. *Bulletin of Siberian Medicine*. 2017;16(1):132–139. (In Russ.) <https://doi.org/10.20538/1682-0363-2017-1-132-139>
14. Lipatov VA, Lazarenko SV, Betz AN, Severinov DA. Changes of Physico-Mechanical Properties of Vascular Patches in Conditions of Chronic Experiment in Vivo. *Novosti Khirurgii*. 2019; 27(3): 249–255. <https://doi.org/10.18484/2305-0047.2019.3.249> (In Russ.)
15. Kwon H, Hong JP, Han Y, Han Y, Park H, Song GW, et al. Use of cryopreserved cadaveric arterial allograft as a vascular conduit for peripheral arterial graft infection. *Ann Surg Treat Res*. 2015;89(1):51–54. PMID: 26131446 <https://doi.org/10.4174/ast.2015.89.1.51>
16. Greenwald SE, Berry CL. Improving vascular grafts: the importance of mechanical and haemodynamic properties. *J Pathol*. 2010;190(3):292–299. PMID: 10685063 [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1096-9896\(200002\)190:3<292::AID-PATH528>3.0.CO;2-S](https://doi.org/10.1002/(SICI)1096-9896(200002)190:3<292::AID-PATH528>3.0.CO;2-S)
17. Dzyak GV, Kolesnik EL. Arterial wall stiffness in male patients with arterial hypertension, depending on age. *Ukrains'kiy kardiologichnyi zhurnal*. 2015;(3):13–19. (In Russ.)

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Липатов Вячеслав Александрович

доктор медицинских наук, профессор кафедры оперативной хирургии и топографической анатомии, лаборатории экспериментальной хирургии и онкологии научно-исследовательского института экспериментальной медицины ФГБОУ ВО КГМУ Минздрава России; <https://orcid.org/0000-0001-6121-7412>, drli@yandex.ru;

30%: концепция и дизайн исследования, написание текста, редактирование, утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех частей статьи

Григорьев Николай Николаевич

доктор медицинских наук, профессор кафедры хирургических болезней факультета последипломного образования ФГБОУ ВО КГМУ Минздрава России; <https://orcid.org/0000-0002-4102-1516>, grigorevnn@kursksmu.net;

25%: написание текста, редактирование, утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех частей статьи

- Северин Дмтрий Андреевич** ассистент кафедры детской хирургии и педиатрии факультета последипломного образования ФГБОУ ВО КГМУ Минздрава России; <https://orcid.org/0000-0003-4460-1353>, dmitriy.severinov.93@mail.ru;
25%: экспериментальная часть исследования, статистическая обработка данных, написание текста, редактирование
- Саакян Араик Рубенович** студент ФГБОУ ВО КГМУ Минздрава России; <https://orcid.org/0000-0001-7546-342X>, araiksaackian@yandex.ru;
20%: экспериментальная часть исследования, написание текста, подбор литературы по теме работы

Received on 12.08.2019

Accepted on 11.12.2019

Поступила в редакцию 12.08.2019

Принята к печати 11.12.2019

The Choice of Vascular Implants in Accordance with Age-Related Vessel Changes

V.A. Lipatov^{1,2}, N.N. Grigoryev³, D.A. Severinov^{4*}, A.R. Sahakyan¹

Department of Pediatric Surgery and Pediatrics
Kursk State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation
3 K. Marksa St., Kursk 305041, Russian Federation

* **Contacts:** Dmitry A. Severinov, Dr. Med. Sci., Associate Professor, Assistant of the Department of Pediatric Surgery and Pediatrics, Faculty of Postgraduate Education Kursk State Medical University of the Ministry of Health. Email: dmitriy.severinov.93@mail.ru

BACKGROUND Today, one of the problems of modern society in the health are the high rates of mortality from cardiovascular disease.

AIM OF STUDY Study of physico-mechanical properties of the vascular implants and aortic wall to support an adequate choice of the plastic material when performing reconstructive surgeries in patients of various age groups.

MATERIAL AND METHODS As an object of study, sections of the anterior wall of the thoracic and abdominal aorta were taken from 30 corpses. Study groups: Group 1 – from 33 to 60 years, Group 2 – from 60 to 92 years. We also evaluated the physical and mechanical properties (finite length, plastic strain ratio, tensile uniaxial load (longitudinal)) of the three vascular implants made of polyethylene terephthalate and polytetrafluoroethylene. Kruskal–Wallis H test was used to determine the significance of differences.

RESULTS The finite length of the aortic wall varies slightly in the study groups, while plastic strain rate of the abdominal aorta in Group 1 was 1.3 times higher than that in the chest. When assessing physical and mechanical properties of thoracic and abdominal aorta, values of “finite length” (1.4 times) and “plastic strain ratio” (1.5 times) were higher in Group 1, and the value of the tensile load indicator is higher in Group 2 compared to Group 1 (1.47 times). The tensile load of the thoracic aorta in Group 1 is 14 H and 27 H lower than the samples of Groups 1 and 3, respectively, but 1.6 times higher than the sample of Group 2. The tensile load of the abdominal aorta of Group 1 is 13 H higher compared to the sample of Group 1 and twice higher compared to the sample of Group 2. The study Group 2 values of tensile load for thoracic aorta are 1.3 times, 2.4 times and 1.16 times higher than respective implant values (sample 1, 2 and 3, respectively).

CONCLUSION We used samples of Group 3 vascular implants for replacement of abdominal aorta and Group 1 implants for thoracic aorta. In study Group 2 vascular implants of Group 3 may be used for abdominal and thoracic aorta replacement due to the proximity of the values of the evaluated characteristics.

Keywords: aorta, elasticity, mechanical properties, age, prosthesis, vascular implant, reconstructive surgery

For citation Lipatov VA, Grigoryev NN, Severinov DA, Sahakyan AR. The Choice of Vascular Implants in Accordance with Age-Related Vessel Changes. *Russian Sklifosovsky Journal of Emergency Medical Care*. 2020;9(2):000–000. DOI: 10.23934/2223-9022-2020-9-2-000-000 (In Russian)

Conflict of interest Authors declare lack of the conflicts of interests

Acknowledgments, sponsorship The work was carried out in accordance with the research plan of the Kursk State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation. The authors did not receive financial support from manufacturers of drugs and medical devices

Affiliations

- Vyacheslav A. Lipatov Professor of the Department of Operative Surgery and Topographic Anatomy, Laboratory of Experimental Surgery and Oncology, Research Institute of Experimental Medicine, Kursk State Medical University of the Ministry of Health; <https://orcid.org/0000-0001-6121-7412>, drli@yandex.ru;
30%: research concept and design, text writing, editing, approval of a final version of the article, responsibility for the integrity of all parts of the article
- Nikolay N. Grigoryev Dr. Med. Sci., Professor of the Department of Surgical Diseases, Faculty of Postgraduate Education, Kursk State Medical University of the Ministry of Health; <https://orcid.org/0000-0002-4102-1516>, grigorevnn@kursksmu.net;
25%: text writing, editing, approval of the final version of the article, responsibility for the integrity for the integrity of all parts of the article
- Dmitry A. Severinov Assistant, Department of Pediatric Surgery and Pediatrics, Faculty of Postgraduate Education, Kursk State Medical University of the Ministry of Health; <https://orcid.org/0000-0003-4460-1353>, dmitriy.severinov.93@mail.ru;
25%: experimental part of the study, statistical data processing, writing the text, editing
- Araik R. Sahakyan Student of Kursk State Medical University of the Ministry of Health; <https://orcid.org/0000-0001-7546-342X>, araiksaackian@yandex.ru;
20%: experimental part of the study, writing a text, selection of literature on the topic