

10. Верников, В. М. Наночастицы серебра: использование в пищевых производствах, биологические эффекты / В. М. Верников // *Вопр. детской диетологии*. — 2009. — Т. 7, № 4. — С. 56.

11. Изучение биоцидной активности дезинфицирующего препарата на основе нанокластеров серебра / К. И. Гурин [и др.] // *Дез. дело*. — 2011. — № 4. — С. 30–31.

12. Нано: вверх по лестнице, ведущей вниз / С. А. Усанов [и др.] // *Рецепт*. — 2013. — № 4. — С. 30–37.

13. Раневой процесс: нанобиотехнологии оптимизации / П. Г. Алесов [и др.]; под ред. В. А. Попова. — СПб.: СпецЛит, 2013. — 204 с.

14. Цитотоксичность наночастиц серебра в МТТ-тесте / Е. К. Власенко [и др.] // *Актуальные проблемы медицины: сб. науч. ст. посвящ. 20-лет. Гомел. гос. мед. ун-та : в 4-х т.* — Гомель, 2011. — Т. 1. — С. 102–104.

15. Изделия медицинские оценка биологического действия медицинских изделий. Часть 6. Исследования местного действия после имплантации: ГОСТ Р ИСО 10993-6-2009 : утв. Федеральным агентством по тех. регулированию и метрологии 02.12.2009. — М.: Стандартинформ, 2010. — 23 с.

*Поступила 23.04.2014*

УДК 616.13/.14-089:616.13-008.21

## ВЛИЯНИЕ АРТЕРИАЛЬНОГО КРОВОТОКА НА ДИНАМИКУ СТРУКТУРНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ РАЗЛИЧНЫХ ПЛАСТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ В РЕКОНСТРУКТИВНОЙ ХИРУРГИИ СОСУДОВ

А. А. Печёнкин, А. А. Лызиков, С. Л. Ачинович, Л. А. Мартемьянова

Гомельский государственный медицинский университет  
Гомельский областной клинический онкологический диспансер

**Цель:** изучить морфофункциональные изменения при применении различного вида пластического материала при включении в артериальный кровоток.

**Материалы и методы:** в эксперименте применяли различные пластические материалы; в качестве искусственного материала протезов из политетрафторэтилена. В качестве поверхностной аутовены использована большая подкожная вена, в качестве глубокой аутовены — бедренная вена.

**Результаты и обсуждение.** Получены данные о толщине стенки, площади ядер эндотелия и васкуляризации различных пластических материалов при включении в артериальный кровоток.

**Выводы.** Бедренная вена обладает более стабильными морфо-функциональными свойствами по сравнению с большой подкожной веной и меньшей склонностью к фиброзу, чем синтетический протез. Это делает ее более перспективным пластическим материалом при проведении брахиоцефальных реконструкций.

**Ключевые слова:** каротидная эндартерэктомия, морфометрия, бедренная вена, подкожная вена, политетрафторэтилен.

## THE INFLUENCE OF ARTERIAL BLOOD FLOW ON THE DYNAMICS OF STRUCTURAL CHANGES OF VARIOUS PATCH MATERIALS FOR RECONSTRUCTIVE VASCULAR SURGERY

A. A. Pechionkin, A. A. Lyzиков, S. L. Achinovich, L. A. Martemyanova

Gomel State Medical University  
Gomel Regional Clinical Oncological Clinic

**Purpose of research:** to study morphologic and functional changes in the application of various patch tissues in the inclusion into the arterial flow.

**Material and methods.** Various patch tissues were studied in experiments: polytetrafluoroethylene prosthesis was used as an artificial tissue, a major saphenous vein was used as a superficial autologous vein, superficial femoral vein was used as a deep vein.

**Results and discussion.** Data about wall thickness, area of endothelial nuclei and vascularization of various plastic materials in arterial flow were obtained.

**Conclusion.** The femoral vein possesses more stable morphological and functional properties in comparison with the major saphenous vein and is less prone to develop fibrosis than vascular prosthesis. It makes the femoral vein a plastic material with good prospects for brachiocephalic reconstructive surgery.

**Key words:** carotid endarterectomy, morphometry, femoral vein, subcutaneous vein, polytetrafluoroethylene.

### Введение

Одной из ведущих причин инвалидности и смертности в мире являются заболевания сердечно-сосудистой системы [1]. Стенозирующие процессы в ветвях дуги аорты, обусловленные атеросклерозом, являются одной из ос-

новных причин данной патологии, так как практически в половине случаев инициируют ишемическое поражение головного мозга.

В Российской Федерации частота ишемических инсультов составляет около 500 случаев на 100 тыс. населения с 40-процентной ле-

тальностью при первичном эпизоде [2]. Нарушения мозгового кровообращения находятся на третьем месте среди причин смертности в США после заболеваний сердца и онкологических заболеваний, 600–700 тыс. человек в год страдают от острых нарушений мозгового кровообращения в этой стране [3]. В США 160 тыс. случаев заканчиваются летальным исходом, а 80 % от выживших остаются инвалидами, требующими пожизненного медицинского обслуживания.

Хирургическое лечение стенозирующих поражений сонных артерий зарекомендовало себя как надежный способ профилактики и лечения хронической цереброваскулярной недостаточности атеросклеротического генеза. Обоснованность и эффективность хирургической коррекции нарушений мозгового кровообращения доказана в многоцентровых кооперативных рандомизированных исследованиях (NASCET, ECST, VACT и ACAS). Хирургическая коррекция выраженных атеросклеротических стенозов сонных артерий не только имеет преимущества перед медикаментозными методами профилактики инсульта, но и улучшает качество жизни больных.

Еще в 1989 году были сформулированы стандарты «качества» выполнения каротидной эндартерэктомии, то есть такие результаты, при которых оперативное лечение при клинически значимых стенозах внутренней сонной артерии оказывается в любом случае предпочтительнее для пациентов — всегда, нежели консервативная терапия.

На сегодняшний момент каротидная эндартерэктомия является самым распространенным хирургическим вмешательством при окклюзирующих поражениях экстракраниальных сосудов. На современном этапе методики оперативного пособия детально отработаны. Однако повторные поражения зоны операции встречаются в широком диапазоне — от 0,9 до 36 %, не зависимо от вида вмешательства и применяемого пластического материала.

По мнению большинства ангиохирургов, основной мерой механической профилактики рестенозов является расширение устья внутренней сонной артерии заплатой после каротидной эндартерэктомии [4]. Основными материалами для пластики сонных артерий являются: большая подкожная вена, политетрафторэтилен, ксеноперикард и дакрон.

Однако на сегодняшний день, несмотря на широкий арсенал применяемых заплат, не существует однозначно приоритетной ткани, так как процент рестеноза колеблется от 4 до 18 % [5, 6]. Одним из ведущих патологических процессов, приводящих к развитию рестенозов, является гиперплазия интимы. Данный процесс активнее всего развивается в

месте соединения тканей с различными свойствами. Взаимодействие сосудистого протеза и артерий хозяина представляет собой не просто механическую комбинацию тканей, а сложный процесс взаимного влияния и структурной перестройки. В связи с этим представляется актуальным не только качественная, но и количественная оценка происходящих процессов. Поэтому знание и прогнозирование происходящих процессов позволяет контролировать адекватность и долговременность функционирования тканей.

При изучении морфологических и морфометрических изменений при применении ауто-трансплантата выявлены структурные и функциональные особенности новообразованных эластических волокон и мембран глубоких вен при включении в артериальный кровоток, а также степень развития неоинтимы

#### **Цель исследования**

Описание и морфометрическая оценка изменений, происходящих в различных видах заплатного материала при включении последних в артериальный кровоток.

#### **Материалы и методы**

При проведении экспериментальных исследований применяли различные пластические материалы; в качестве искусственного материала — протез из политетрафторэтилена, в качестве поверхностной аутовены была использована большая подкожная вена, в качестве глубокой аутовены — бедренная вена. Исследовали следующие сочетания заплат: артерия — протез, бедренная вена — артерия, артерия — поверхностная вена.

Морфометрические исследования проводили с использованием аппаратно-программного комплекса: микроскоп Olympus CX41 с цифровой камерой Olympus SC20 с разрешением  $1596 \times 1196$  пикселей и пакетом прикладных программ для обработки изображений, при помощи стандартной шкалы насадки окуляра-микрометра на микроскоп при стандартных увеличениях  $\times 10$  и  $\times 40$ . Перед началом исследования мы проводили калибровку сетки окуляра-микрометра с помощью объект-микрометра. При этом одно деление окулярной шкалы было равно 1 мкм при увеличении  $\times 10$ . Каждый параметр был измерен 10 раз в различных, хаотично выбранных полях зрения.

Статистическая обработка полученной информации производилась с помощью программы «Statistica», 6.0. Данные представлены в виде медианы и квартилей (Me ( $Q_{25}$ ;  $Q_{75}$ )), сравнительный анализ проводился с использованием метода Краскела-Уоллиса. Различия считались статистически значимыми при  $p < 0,05$ .

Исследование проводили на экспериментальных животных. Оперативное вмешатель-

ство проводилось 15 беспородным собакам. Средний вес составлял  $23 \pm 2$  кг. Все особи — самцы. Работа выполнялась на базе ЦНИЛ «Белорусская медицинская академия постдипломного образования» в стандартных условиях вивария.

В своих действиях руководствовались документами, регламентирующими экспериментальные исследования: инструкция МЗ Республики Беларусь 1.1.11-12-35-2004 «Требования к постановке экспериментальных исследований для первичной токсикологической оценки и гигиенической регламентации веществ»; МУ «Правила доклинической оценки безопасности фармакологических средств (GLP)» (Руководящий нормативный документ РД-126-91. М., 1992); методические рекомендации «Правила работы с использованием экспериментальных животных» (утв. 16.06.2004г. ректором «Белорусская медицинская академия постдипломного образования»).

Все оперативные вмешательства проводили под комбинированной анестезией: 5% раствор кетамина 6 мг/кг, тиопентал натрия 50 мг/кг, 0,005 % фентанил и 0,25 % дроперидол в соотношении 1:2. Собака помещалась на операционный стол в положении на спине и фиксировалась. Затем операционные поля на шее и лапе выбривались и обрабатывались 5 % спиртовым раствором йода. На бедре и голени производился забор фрагментов поверхностной и глубокой вен длиной 8–10 мм. Сформированы комбинированные заплаты: бедренная вена + поверхностная вена и бедренная вена + ПТФЭ. На шее имплантация комбинированных заплат осуществлялась в общую сонную артерию собак. Раны ушивались послойно, наглухо. Обрабатывались 5 % спиртовым раствором йода. В послеоперационном периоде для профилактики гнойно-септических осложнений

ранеая поверхность обрабатывались 5 % спиртовым раствором йода и вводилось внутримышечно антибактериальное средство (6 суток). Забор материала производили через 3, 6, 9 и 12 месяцев после имплантации и направляли на исследование.

#### **Результаты и обсуждение**

#### **Патоморфологические изменения стенок комбинированных заплат при включении в артериальный кровоток**

Морфологическое исследование заплат напрямую связано с функциональным состоянием сосудистой стенки. При этом большое значение придается состоянию микроциркуляторного русла стенок сосудов. Важную роль в изучении морфологических и функциональных особенностей заплат играет морфометрический метод исследования. Особый интерес представляет изучение применения бедренной вены в качестве пластического материала, так как этому вопросу посвящено небольшое количество исследований.

#### **Морфологическое и функциональное исследование заплат через 3 месяца после имплантации**

При изучении образцов сосудистого протеза через 3 месяца установлено, что наибольшая толщина стенки наблюдалась в случае пересадки бедренной вены. Как видно из данных таблицы 1, толщина стенки сосуда в области трансплантата в случае пересадки бедренной вены составила 1364,12 (1158,24–1601,17) мкм ( $p = 0,044$ ). Васкуляризация в стенке искусственного протеза была выражена больше, чем в поверхностной вене и бедренной вене и составила 9,25 (8,79–9,65) % ( $p = 0,043$ ). Площадь ядер эндотелия была наибольшей в бедренной вене (86,5 (77,15–94,48) мкм<sup>2</sup>), но различия были статистически незначимы ( $p=0,056$ ).

Таблица 1 — Результаты исследования тканей через 3 месяца после начала эксперимента

Показатели	Искусственный протез, Me (Q <sub>25</sub> ; Q <sub>75</sub> )	Поверхностная вена, Me (Q <sub>25</sub> ; Q <sub>75</sub> )	Бедренная вена, Me (Q <sub>25</sub> ; Q <sub>75</sub> )	p
Толщина стенки сосуда, мкм	831,55 (702,02–960,14)	1140,11 (928,15–1370,45)	1364,12 (1158,24–1601,17)	<b>0,044</b>
Площадь ядер эндотелия, мкм <sup>2</sup>	73,68 (59,58–83,29)	61,45 (54,59–68,45)	86,5 (77,15–94,48)	0,056
Васкуляризация, % от площади стенки сосуда	9,25 (8,79–9,65)	5,16 (4,26–6,09)	7,45 (5,85–10,02)	<b>0,043</b>

#### **Морфофункциональная характеристика изучаемых тканей через 6 месяцев после имплантации**

В таблице 1.2 отражены морфометрические показатели через 6 месяцев после начала эксперимента. Нами было установлено, что толщина стенки была наибольшей у бедренной

вены (1445,15 (1234,45–1611,24) мкм), а минимальной — у протеза (828,56 (8110,14–835,69) мкм) ( $p = 0,025$ ). Площадь ядер эндотелия была минимальной в поверхностной вене (48,13 (42,11–53,68) мкм<sup>2</sup>). Васкуляризация была наибольшей в протезе, а минимальной — в подкожной вене.

Таблица 2 — Результаты исследования тканей через 6 месяцев после начала эксперимента

Показатели	Искусственный протез, Me (Q <sub>25</sub> ; Q <sub>75</sub> )	Поверхностная вена, Me (Q <sub>25</sub> ; Q <sub>75</sub> )	Бедренная вена, Me (Q <sub>25</sub> ; Q <sub>75</sub> )	p
Толщина стенки сосуда, мкм	828,56 (811,14–835,69)	1213,09 (1102,25–1314,48)	1445,15 (1234,45–1611,24)	<b>0,025</b>
Площадь ядер эндотелия, мкм <sup>2</sup>	71,14 (65,28–77,45)	48,13 (42,11–53,68)	65,78 (57,45–71,12)	<b>0,031</b>
Васкуляризация, % от площади стенки сосуда	9,25 (7,11–11,28)	5,75 (4,12–6,56)	8,02 (7,12–9,25)	<b>0,039</b>

### Морфофункциональная характеристика изучаемых тканей через 9 месяцев после имплантации

Результаты исследования через 9 месяцев после имплантации приведены в таблице 3: толщина стенки искусственного протеза (1396,89 (1231,14–1561,91) мкм) была больше, чем через 6 месяцев (828,56 (811,14–835,69) мкм), но фиброзные изменения были более выраженными. В стенке искусственного протеза отмечалось уменьшение васкуляризации (5,95 (4,99–6,85) %) по сравнению с 9,25 (7,11–11,28) % в 6 месяцев; при этом васкуляризация бедренной вены через 9 месяцев составила 7,12 (5,21–9,01) %, что незначительно отличается от показателя васкуляризации бедренной вены через 6 месяцев (8,02 (7,12–9,25)), (p = 0,045). Новообразованная соединительная ткань по периферии и в порах полимерного искусственного протеза через 9 месяцев отличалась повышенным количеством жирового компонента, истончением капсулы по периферии искусст-

венного протеза, уменьшением количества новообразованных капилляров. Таким образом, через 9 месяцев после имплантации более оптимальное соотношение между толщиной и васкуляризацией стенки сосуда, количеством гладкомышечных клеток, наличием иммунокомпетентных клеток определялось в бедренной вене. В ней же определялись менее выраженные дистрофические изменения, фиброз и гиалиноз сосудистых структур по сравнению с искусственным протезом и большой подкожной веной.

При сравнительном анализе исследуемых групп мы выяснили, что наибольшей толщиной обладала большая подкожная вена (1711,24 (1474,12–1958,35) мкм), а наименьшей — протез (1396,89 (1231,14–1561,91) мкм, p = 0,042) (рисунок 1).

В подкожной вене определялась наибольшая площадь ядер эндотелия (126,86 (118,94–134,71) мкм<sup>2</sup>), а наименьшая площадь ядер эндотелия была выявлена у полимерного протеза (109,56 (95,02–124,04) мкм<sup>2</sup>).

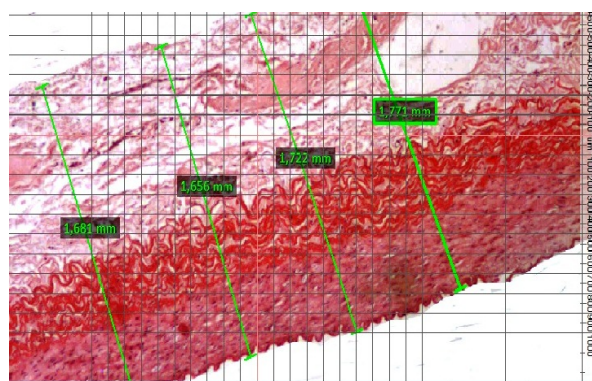


Рисунок 1 — Морфометрическое исследование стенки поверхностной вены  
Поверхностная вена через 9 месяцев после трансплантации.  
Окраска: гематоксилином и эозином. Объектив 4.

Таблица 3 — Результаты исследования тканей через 9 месяцев после начала эксперимента

Показатели	Искусственный протез, Me (Q <sub>25</sub> ; Q <sub>75</sub> )	Поверхностная вена, Me (Q <sub>25</sub> ; Q <sub>75</sub> )	Бедренная вена, Me (Q <sub>25</sub> ; Q <sub>75</sub> )	p- level
Толщина стенки сосуда, мкм	1396,89 (1231,14–1561,91)	1711,24 (1474,12–1958,35)	1649,19 (1394,06–1904,21)	<b>0,042</b>
Площадь ядер эндотелия, мкм <sup>2</sup>	109,56 (95,02–124,04)	126,86 (118,94–134,71)	119,44 (110,21–128,62)	<b>0,039</b>
Васкуляризация, % от площади стенки сосуда	5,95 (4,99–6,85)	4,86 (4,22–5,42)	7,12 (5,21–9,01)	<b>0,045</b>

**Морфофункциональная характеристика изучаемых тканей через 12 месяцев после имплантации**

Результаты измерений приведены в таблице 4. Через 12 месяцев после имплантации толщина стенки синтетического искусственного протеза была меньше (1269,5 (1094,12–1444,26) мкм), чем через 9 месяцев (1396,89 (1231,14–1561,91) мкм) ( $p = 0,039$ ). Васкуляризация протеза (5,9 (4,91–6,89) %) была меньше, чем в поверхностной (6,42 (5,59–7,11) %) и бедренной вене (8,25 (6,18–10,22) %) ( $p = 0,045$ ). Через 12 месяцев после имплантации фиброзные изменения в протезе были более выраженными, чем через 9 месяцев.

Максимальная толщина стенки была у бедренной вены (1612,41 (1356,24–1868,45) мкм), минимальная (1269,5 (1094,12–1444,26) мкм) — у искусственного протеза ( $p = 0,041$ ). Наибольшая площадь ядер эндотелия, связанная с повышенной пролиферативной активностью, определялась у поверхностной вены (111,4 (102,9–119,46) мкм<sup>2</sup>), а наименьшая — у искусственного протеза (95,34 (80,28–110,46) мкм<sup>2</sup>) ( $p = 0,048$ ). Васкуляризация в большей степени была выражена в бедренной вене (8,25 (6,18–10,22) %), в меньшей степени (5,9 (4,91–6,89) %) — у искусственного протеза.

Таблица 4 — Результаты исследования тканей через 12 месяцев после начала эксперимента

Показатели	Искусственный протез, Me (Q <sub>25</sub> ; Q <sub>75</sub> )	Поверхностная вена, Me (Q <sub>25</sub> ; Q <sub>75</sub> )	Бедренная вена, Me (Q <sub>25</sub> ; Q <sub>75</sub> )	p
Толщина стенки сосуда, мкм	1269,5 (1094,12–1444,26)	1495,78 (1230,67–1760,41)	1612,41 (1356,24–1868,45)	<b>0,041</b>
Площадь ядер эндотелия, мкм <sup>2</sup>	95,34 (80,28–110,46)	111,4 (102,9–119,46)	104,12 (98,23–109,55)	<b>0,048</b>
Васкуляризация, % от площади стенки сосуда	5,9 (4,91–6,89)	6,42 (5,59–7,11)	8,25 (6,18–10,22)	<b>0,045</b>

**Заключение**

Исходя из анализа пролиферативной активности изучаемых тканей, можно утверждать, что процесс артериализации бедренной вены завершается через 6 месяцев после включения в артериальное русло, после чего толщина стенки стабилизируется, тогда как ремоделирование поверхностной вены продолжается до 1 года с момента имплантации. Васкуляризация искусственного протеза достигает своего пика к 6 месяцам после имплантации, после чего начинает преобладать замещение сосудистых элементов фиброзной тканью, что может свидетельствовать об инволюции псевдоинтимы. Таким образом, бедренная вена быстрее адаптируется к воздействию артериального давления и менее склонна к развитию гиперплазии интимы или ее деградации на протяжении длительного времени, чем сравниваемые ткани.

**БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. European Carotid Surgery Trialists Collaborative Group // *Lancet*. — 1991. — Vol. 337. — P. 1235–1243.
2. Покровский, А. В. Что влияет на стандарты «качества» выполнения каротидной эндартерэктомии? / А. В. Покровский, Д. Ф. Белоярцев, Р. В. Колосов // *Ангиология и сосудистая хирургия*. — 2003. — Т. 9, № 3. — С. 80–87.
3. Beneficial effect of carotid endarterectomy in symptomatic patients with high-grade carotid stenosis: North American Symptomatic Carotid Endarterectomy Trial Collaborators // *N. Engl. J. Med.* — 1991. — Vol. 325, № 7. — P. 445–453.
4. Сравнительный анализ отдаленных результатов каротидной эндартерэктомии в зависимости от методики операции / А. В. Покровский [и др.] // *Ангиология и сосудистая хирургия*. — 2005. — Т. 11, № 1. — С. 93–101.
5. Restenosis after carotid endarterectomy: significance of newly acquired risk factors / F. Fluri [et al.] // *Eur J Neurol*. — 2010. — Mar; 17(3). — P. 493–498.
6. Schanzer, A. Restenosis after carotid endarterectomy performed with routine intraoperative duplex ultrasonography and arterial patch closure: a contemporary series / A. Schanzer [et al.] // *Vasc. Endovasc. Surg.* — 2007. — Vol. 41 (3). — P. 200–205.

Поступила 18.04.2014

УДК 614.876.06.:621.039.58

**ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РАДИОАКТИВНОЙ ЗАГРЯЗЕННОСТИ ЛЕСНОЙ ПИЩЕВОЙ ПРОДУКЦИИ <sup>137</sup>Cs И СРЕДНЕЙ ДОЗЫ ВНУТРЕННЕГО ОБЛУЧЕНИЯ ОРГАНИЗМА ЗА СЧЕТ ЕЕ УПОТРЕБЛЕНИЯ**

М. А. Шабалева, Н. И. Булко, А. К. Козлов

Гомельский государственный медицинский университет  
Институт леса НАН Беларуси, г. Гомель

Разработана экспоненциальная модель многолетней динамики накопления <sup>137</sup>Cs плодовыми телами белого гриба. Установлена взаимосвязь поглощения радионуклида лесной пищевой продукцией с метеорологическими факторами: обратно пропорциональная между количеством осадков и накоплением <sup>137</sup>Cs и прямо пропорциональная между температурой и поглощением <sup>137</sup>Cs грибами. Предложен метод биоиндикации для прогнозной оценки накопления <sup>137</sup>Cs ягодами черники на основе данных по загрязненности вегетативной