

# ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО ТРАНСПЛАНТАТА ДЛЯ РЕКОНСТРУКЦИИ ВЕРХНЕЙ ЧАСТИ КАПСУЛЫ ПЛЕЧЕВОГО СУСТАВА ПРИ МАССИВНЫХ РАЗРЫВАХ ЕГО ВРАЩАТЕЛЬНОЙ МАНЖЕТЫ

Д.А. Найда<sup>1</sup>, С.Ю. Доколин<sup>2</sup>, А.Ю. Кочиш<sup>2</sup>, А.А. Ахпашев<sup>3</sup>, Б.В. Тюлькевич<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Главный военный клинический госпиталь имени Н.Н. Бурденко, Москва, Российская Федерация

<sup>2</sup> Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии имени Р.Р. Вредена, Санкт-Петербург, Российская Федерация

<sup>3</sup> Академия постдипломного образования ФГБУ «Федеральный научно-клинический центр специализированных видов медицинской помощи и медицинских технологий Федерального медико-биологического агентства», Москва, Российская Федерация

**Обоснование.** Гипотеза исследования состояла в том, что знание о механических свойствах биологической тканей поможет хирургам в выборе трансплантата. **Цель исследования** — определить оптимальный вид трансплантата исходя из оценки механических свойств трех видов тканей, используемых для реконструкции верхней части капсулы плечевого сустава при массивных разрывах его вращательной манжеты. **Методы.** В экспериментальной работе были изучены три вида биологических тканей — аллотрансплантаты подвздошно-большеберцового тракта и твердой мозговой оболочки и дермальный бесклеточный матрикс DX Reinforcement Matrix. Эксперимент был разделен на две части. В первой части оценивалась и сравнивалась механическая прочность при разрыве образцов, во второй — исследовалась прочность наложенного вертикального шва. Испытания включали одноосное растяжение, при котором оценивались сила, необходимая для разрыва каждого из образцов, и относительное удлинение образцов до момента разрыва или прорезывания.

**Результаты.** Аллотрансплантат подвздошно-большеберцового тракта имеет максимальную прочность на разрыв, а аллотрансплантат твердой мозговой оболочки — минимальную. Все три материала показали хорошее значение относительного удлинения до разрыва. Минимальное значение было зарегистрировано у твердой мозговой оболочки —  $15,2 \pm 2,6\%$ , а максимальное — у бесклеточного дермального матрикса —  $63,3 \pm 20,8\%$ . Самое большое значение максимального усилия при прорезывании было зарегистрировано у бесклеточного дермального матрикса —  $33,5$  Н, минимальное — у сухожилия подвздошно-большеберцового тракта —  $9,9$  Н. **Заключение.** Трансплантаты сухожилия подвздошно-большеберцового тракта и бесклеточного дермального матрикса DX Reinforcement Matrix обладают оптимальными биомеханическими характеристиками и могут быть рекомендованы в качестве трансплантатов при выполнении реконструкции верхней части капсулы плечевого сустава у пациентов с массивным разрывом вращательной манжеты.

**Ключевые слова:** реконструкция верхней части капсулы плечевого сустава; массивный разрыв вращательной манжеты; прочность трансплантата; удержание шва трансплантатом.

**Для цитирования:** Найда Д.А., Доколин С.Ю., Кочиш А.Ю., Ахпашев А.А., Тюлькевич Б.В. Выбор оптимального трансплантата для реконструкции верхней части капсулы плечевого сустава при массивных разрывах его вращательной манжеты. *Клиническая практика*. 2021;12(3):5–12. doi: <https://doi.org/10.17816/clinpract76045>

Поступила 15.07.2021

Принята 14.08.2021

Опубликована 02.09.2021

## ОБОСНОВАНИЕ

Разрывы вращательной манжеты плечевого сустава являются распространенной патологией опорно-двигательного аппарата, особенно у людей пожилого возраста. Известно, что от 20 до 50% населения после 60 лет жизни имеют по-

вреждение вращательной манжеты, и эта распространенность увеличивается с возрастом. По оценкам большинства авторов, от 10 до 40% всех разрывов вращательной манжеты плечевого сустава приходится на массивные разрывы [1, 2].

# THE CHOICE OF AN OPTIMAL GRAFT FOR THE SUPERIOR CAPSULE RECONSTRUCTION OF THE SHOULDER WITH A MASSIVE ROTATOR CUFF TEAR

D.A. Naida<sup>1</sup>, S.Yu. Dokolin<sup>2</sup>, A.Yu. Kochis<sup>2</sup>, A.A. Akhpashev<sup>3</sup>, B.V. Tyulkevich<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Main Military Clinical Hospital named after academical N.N. Burdenko, Moscow, Russian Federation

<sup>2</sup> Vreden National Medical Center for Traumatology and Orthopedics, Saint Petersburg, Russian Federation

<sup>3</sup> Academy of Postgraduate Education under the FSBU "Federal Research and Clinical Center of Specialized Medical Care and Medical Technologies FMBA of Russia", Moscow, Russian Federation

**Background:** The study hypothesis is that the knowledge about the mechanical properties of biological tissues will help surgeons to choose a transplant. **Aim:** To determine the optimal type of a graft, based on the assessment of the mechanical properties of three types of grafts used for the superior capsule reconstruction of the shoulder joint with a massive rotator cuff tear. **Methods:** In the experimental work, 3 types of biological tissues were studied: allografts of the fascia lata and of the dura mater, and the DX Reinforcement Matrix (a dermal ECM xenograft). The experiment was divided into two parts. In the first part, the mechanical strength at rupture of the samples was evaluated and compared, in the second part the resistance of a vertical suture was studied. The tests included uniaxial stretching with the force and strain at rupture recorded. **Results:** The fascia lata allograft showed the highest ultimate tensile strength, while the dura mater allograft had the lowest ultimate tensile strength. All the three materials showed rather high values of the rupture strain. The lowest value of the rupture strain was detected for the dura mater allograft —  $15.2 \pm 2.6\%$ , the highest value was obtained for the dermal ECM xenograft —  $63.3 \pm 20.8\%$ . The largest value of the fracture stress was recorded for the DX Reinforcement Matrix — 33.5 N. The minimum value was recorded for the fascia lata allograft — 9.9 N. **Conclusion:** The fascia lata allograft and DX Reinforcement Matrix have the optimal mechanical characteristics and can be recommended as grafts for the superior capsule reconstruction of the shoulder joint with a massive rotator cuff tear.

**Keywords:** superior capsule reconstruction; massive rotator cuff tear; graft strength; graft suture retention.

**For citation:** Naida DA, Dokolin SYu, Kochis AYu, Akhpashev AA, Tyulkevich BV. The Choice of an Optimal Graft for the Superior Capsule Reconstruction of the Shoulder with Massive a Rotator Cuff Tear. *Journal of Clinical Practice*. 2021;12(3):5–12. doi: <https://doi.org/10.17816/clinpract76045>

Submitted 15.07.2021

Revised 14.08.2021

Published 02.09.2021

Один из методов лечения массивных разрывов вращательной манжеты — реконструкция верхней части капсулы плечевого сустава, и, по литературным данным, эффективность этого метода весьма высокая — 80–90% [3]. Ключевым моментом этой методики является материал, используемый для реконструкции. Сегодня нет единого понимания критериев, предъявляемых к биологической ткани. В литературе обсуждаются два из них — схожесть гистологического строения ткани «биоапатки» с утраченной тканью и ее прочностные характеристики [4, 5].

На данный момент для закрытия дефектов используют разнообразные биологические (ксено-, алло- и аутокани), синтетические и гибридные материалы. Кроме обеспечения каркаса, на котором происходит ремоделирование тканей, трансплантат должен обладать соизмеримыми с нативной тканью механическими свойствами [6]. Величины,

такие как предел прочности и относительное удлинение, можно сравнить со свойствами материала любой эталонной ткани, чтобы судить о пригодности применения трансплантата.

**Цель исследования** — определить оптимальный вид трансплантата, исходя из оценки механических свойств тканей трех видов, используемых для реконструкции верхней части капсулы плечевого сустава при массивных разрывах его вращательной манжеты.

## МЕТОДЫ

### Дизайн исследования

Экспериментальное исследование без участия пациентов и лабораторных животных.

### Условия проведения

Исследование проведено в испытательной лаборатории, соответствующей требованиям ГОСТ

ISO/IEC 17025-2019, на стандартной испытательной машине Instron ElectroPuls E3000 (США) в Центре исследований экстремальных состояний материалов и конструкций Санкт-Петербургского государственного университета.

### Методика проведения эксперимента

Материалом для эксперимента были три паспортизированных вида биологических тканей, предварительно гидротированных в 0,9% физиологическом растворе NaCl: аллотрансплантаты подвздошно-большеберцового тракта и твердой мозговой оболочки, дермальный бесклеточный матрикс DX Reinforcement Matrix. Все виды исследованных тканей используются в качестве трансплантата при проведении артроскопической реконструкции верхней части капсулы плечевого сустава. Каждая серия эксперимента была проведена на 10 образцах из каждого материала (рис. 1).

Аллотрансплантаты твердой мозговой оболочки и подвздошно-большеберцового тракта были изготовлены в банке тканей на базе ФГБУ «НМИЦ ТО имени Р.Р. Вредена» Минздрава России по запатентованной медицинской технологии консервации аллогенных трансплантатов холодоустойчивой консервирующей средой (КриоБиТ). Обработка трансплантата DX Reinforcement Matrix проведена компанией DSM Biomedical по запатентованной технологии OPTRIX (США).

Эксперимент был разделен на две части. В первой части оценивалась и сравнивалась механическая прочность при разрыве образцов, во второй — устойчивость к наложенному вертикальному шву. На экран компьютера, синхронизированного с сервогидравлической машиной Instron ElectroPuls

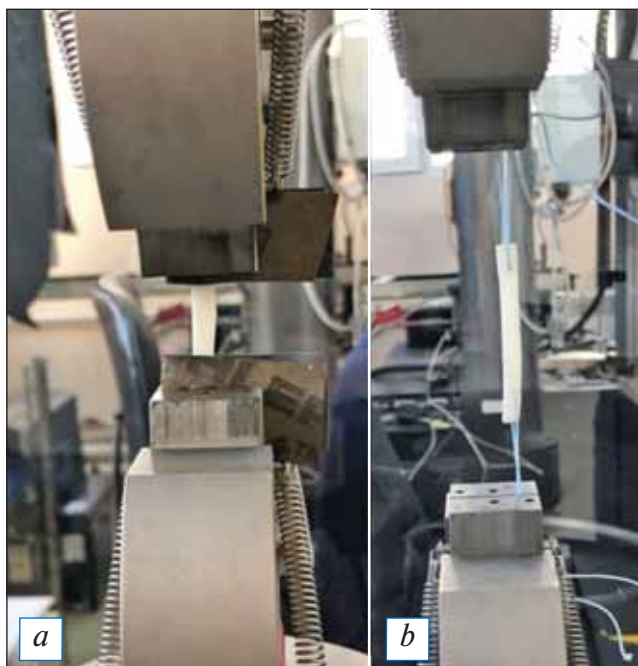
E3000, выводился график зависимости «нагрузка-перемещение». Данные эксперимента автоматически вносились в таблицу Microsoft Excel, после чего выполнялась статистическая обработка данных в программе Statistica 12.0 (StatSoft, Russia). Тип проведенных испытаний включал одноосное растяжение, при котором оценивалась сила, необходимая для разрыва каждого из образцов, и относительное удлинение образцов до момента разрыва (рис. 2, а). Второй тип испытания заключался в оценке устойчивости образца к прорезыванию шовным материалом (рис. 2, b).

В обеих частях эксперимента образцы имели форму полосок, нарезанных из ткани материала при помощи одноразового скальпеля. Рабочая часть разрывной машины представляла собой держатели с плоскими губками, расстояние между которыми регулировалось в зависимости от размера исследуемого материала. В первой части эксперимента для исключения проскальзывания образца в захватах между ним и щечкой захвата помещалась наждачная бумага с размером зерна 28–40 мкм (P600). Во второй части эксперимента с двух противоположных сторон образца на расстоянии 10 мм от края сквозь всю толщину образца однократно продевалась нить FiberWire № 2. Концы нитей были плотно зажаты между щечками захвата. После этого проводилось растяжение образца за нити. Каждый образец перед его фиксацией в рабочей части прибора был измерен в длину, ширину и толщину при помощи поверенных линейки и штангенциркуля, данные занесены в таблицу. После фиксации материала проводился непосредственно сам эксперимент с видеофиксацией на портативную видеокамеру. Заданная скорость растяже-



**Рис. 1.** Образцы исследованных биологических тканей: *a* — аллотрансплантат подвздошно-большеберцового тракта; *b* — аллотрансплантат твердой мозговой оболочки; *c* — дермальный бесклеточный матрикс.

**Fig. 1.** Samples of the studied biological tissues: *a* — fascia lata allograft; *b* — allograft of the dura mater; *c* — DX Reinforcement Matrix.



**Рис. 2.** Испытание образца ткани на универсальной сервогидравлической машине Instron ElectroPuls E3000: *a* — на одноосное растяжение; *b* — на устойчивость к прорезыванию шовным материалом.

**Fig. 2.** Testing of a sample using an Instron ElectroPuls E3000 universal servohydraulic machine: *a* — for the uniaxial tension; *b* — for the resistance to penetration by the suture material.

ния — 50 мм/мин (0,83 мм/с) — воздействовала на образец. На экран компьютера, синхронизированного с сервогидравлической машиной, выводился график зависимости «нагрузка-перемещение», фиксировались время перемещения, нагрузка, напряжение, деформация. Максимальное усилие для прорезывания образца шовной нитью соответствовало пику нагрузки. После достижения пика нагрузки происходил разрыв ткани или устойчивое прорезывание материала. Погрешность датчика

нагрузки и перемещения составляла не более 1% от измеренного значения. Тем самым, по данным первой части испытания было рассчитано напряжение и деформация ткани, по второй — сила воздействия и относительное удлинение образца.

#### Статистический анализ

Статистическую обработку производили с помощью программы Statistica 12.0 (StatSoft, Russia). Результаты каждого теста были оценены по критерию Колмогорова–Смирнова. Общее межгрупповое сравнение проводили с использованием непараметрического критерия Краскела–Уоллиса. Апостериорные попарные сравнения групп проводили при помощи критерия Стьюдента с использованием поправки Бонферрони для коррекции уровня статистической значимости. Для статистического анализа различий использовали критерий Вилкоксона. Различия между выборками считали достоверными при  $p < 0,05$ .

#### РЕЗУЛЬТАТЫ

В результате первого этапа исследования были получены следующие усредненные данные (табл. 1). Данные представлены, как среднее значение  $\pm$  стандартное отклонение.

Самая большая сила разрыва была приложена к сухожилию подвздошно-большеберцового тракта — 300 Н; для двух других образцов она была в 7 раз меньше и не превысила 44 Н.

Согласно результатам, аллотрансплантат подвздошно-большеберцового тракта имеет максимальную прочность на разрыв, а аллотрансплантат твердой мозговой оболочки — минимальную, при этом прочность аллотрансплантата подвздошно-большеберцового тракта достоверно превышает прочность бесклеточного дермального

Таблица 1 / Table 1

#### Результаты испытаний на растяжение / Tensile test results

Вид материала	Критическая сила, Н	Критическое удлинение, мм	Максимальное напряжение, МПа	Относительное удлинение при разрыве, %
Аллотрансплантат сухожилия подвздошно-большеберцового тракта	299,6 $\pm$ 49,09	4,8 $\pm$ 0,47	31,98 $\pm$ 2,80	22,22 $\pm$ 4,31
Аллотрансплантат твердой мозговой оболочки	43,4 $\pm$ 18,65	4,66 $\pm$ 0,59	4,66 $\pm$ 2,11	15,2 $\pm$ 2,60
Бесклеточный дермальный матрикс DX Reinforcement Matrix	40,6 $\pm$ 5,98	12,46 $\pm$ 1,25	6,1 $\pm$ 0,30	63,32 $\pm$ 20,75
Критерий Краскела–Уоллиса, $p$	0,009	0,014	0,006	0,006

Таблица 2 / Table 2

Результаты испытаний на прорезание шовным материалом /  
Results of tests for the resistance to the applied vertical suture

Вид материала	Критическая сила, Н	Критическое удлинение, мм	Время разрыва, сек
Аллотрансплантат сухожилия подвздошно-большеберцового тракта	9,87±2,96	17,42±4,23	20,90±5,05
Аллотрансплантат твердой мозговой оболочки	14,63±4,27	13,17±10,59	15,87±12,68
Бесклеточный дермальный матрикс DX Reinforcement Matrix,	33,48±8,48	14,4±2,58	20,16±3,56
Критерий Краскела–Уоллиса, <i>p</i>	0,006	0,014	0,006

матрикса и аллотрансплантата твердой мозговой оболочки. Важно отметить, что толщина трансплантата твердой мозговой оболочки составляла 0,8 мм и являлась самым тонким из всех видов материала (толщина аллотрансплантата сухожилия подвздошно-большеберцового тракта составляла 1,0 мм, толщина бесклеточного дермального матрикса — 1,3 мм). Более того, независимо от толщины аллотрансплантат твердой мозговой оболочки при разрыве показал существенный разброс значений (примерно 46%).

Все три материала показали хорошие результаты относительного удлинения до разрушения. Максимальное значение было зарегистрировано у бесклеточного дермального матрикса — 63,3±20,8%, что в 4 раза превышает результат, полученный для твердой мозговой оболочки. При этом показатели относительного удлинения у дермального матрикса имеют высокий разброс значений, погрешность примерно 33%. Данные свидетельствуют, что наибольшей эластичностью и пластичностью обладает бесклеточный дермальный матрикс, а наименьшей — твердая мозговая оболочка.

В результате второго этапа проведенного исследования были получены следующие усредненные данные (табл. 2).

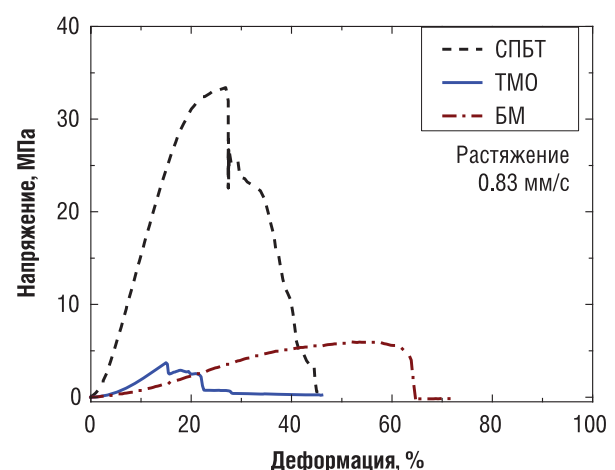
Самое большое значение максимального усилия при прорезывании было зарегистрировано у бесклеточного дермального матрикса — 33,5 Н, минимальное значение — у сухожилия подвздошно-большеберцового тракта — 9,9 Н, что достоверно меньше, чем у DX Reinforcement Matrix. У твердой мозговой оболочки значение максимального усилия составило 14,6 Н, что также значительно меньше значений, полученных для бесклеточного дермального матрикса.

Типичные графики деформации и напряжения при растяжении представлены на рис. 3, типичные графики нагрузки при прорезывании — на рис. 4.

Вершина графика соответствует усилию, необходимому для полного разрыва ткани (рис. 3) или полного прорезывания шовным материалом (рис. 4). Значительный подъем начальной части графика отражает устойчивость сухожилия, его упругость. Чем круче график, тем выше предел прочности исследуемой ткани. Скачки на диаграмме испытаний связаны с постепенными разрывами связей в материале.

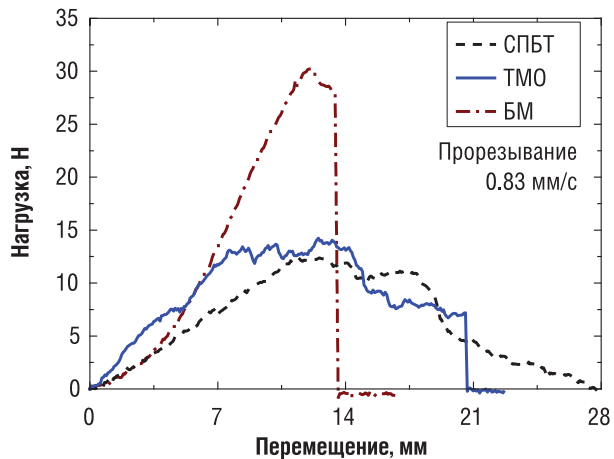
### ОБСУЖДЕНИЕ

Активно ведется дискуссия между хирургами, выполняющими реконструкцию верхней части капсулы плечевого сустава, относительно требований к трансплантату. По мнению ряда хирургов, на эффективность методики влияют прочностные свойства, толщина применяемого трансплантата, схожесть гистологического строения с потерянной тканью вращательной манжеты, устойчивость к на-



**Рис. 3.** Характерные графики испытаний при растяжении.  
**Примечание.** СПБТ — сухожилие подвздошно-большеберцового тракта; ТМО — твердая мозговая оболочка; БМ — бесклеточный дермальный матрикс.

**Fig. 3.** Characteristic graphs of tensile tests.  
**Note.** СПБТ — fascia lata allograft; ТМО — allograft of the dura mater; БМ — DX Reinforcement Matrix.



**Рис. 4.** Характерные графики испытаний на удерживание шва.

**Примечание.** СПБТ — сухожилие подвздошно-большеберцового тракта; ТМО — твердая мозговая оболочка; БМ — бесклеточный дермальный матрикс.

**Fig. 4.** Characteristic schedules of tests for seam retention.

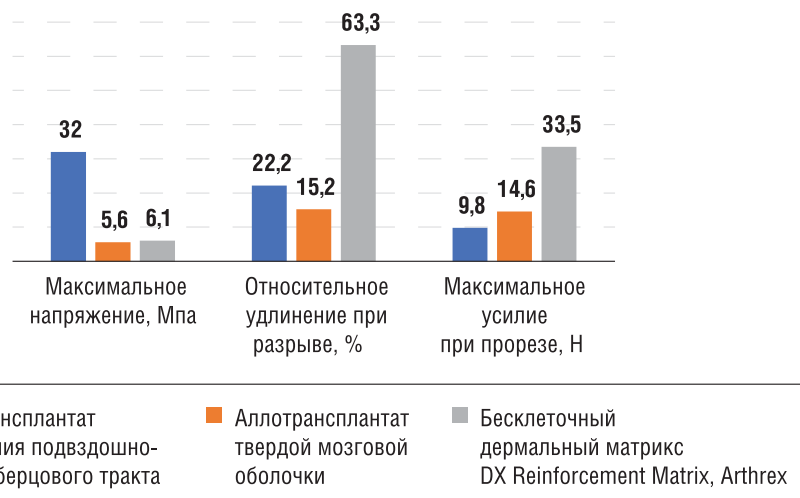
**Note.** СПБТ — fascia lata allograft; ТМО — allograft of the dura mater; БМ — DX Reinforcement Matrix.

ложенным швам, эластичность ткани, способ обработки трансплантата [5, 7]. Данные литературы по механическим характеристикам всех видов исследуемых трансплантатов очень вариабельны как по результатам, так и по методике проведения экспериментов. Так, прочность на разрыв сухожилия подвздошно-большеберцового тракта составляет 180 Н согласно экспериментальным исследованиям, тогда как аналогичный показатель для бесклеточного дермального матрикса (DX Reinforcement Matrix) составляет 440 Н [8]. По другим исследованиям, предельная прочность при растяжении DX

Reinforcement Matrix составила 137,5 Н [9]. Прочность для твердой мозговой оболочки, по данным литературы, лежит в пределах от 144 до 465 Н при растяжении [10].

Важно отметить, что условия, в которых проводилось исследование, не соответствуют условиям, которые испытывает трансплантат в процессе своей перестройки и функционирования в плечевом суставе. В реальности трансплантат испытывает деформирующие силы не только на удлинение, но и на скручивание, сжатие и циклические усталостные нагрузки. Именно поэтому данный эксперимент не стоит рассматривать как физическую модель повреждения тканей и трансплантата в условиях функционирующего плечевого сустава, а полученные результаты стоит применять только для сравнения результатов среди изученных групп. Знание о механических свойствах и биомеханике плечевого сустава дает возможность предположить, как будет вести себя каждый из изученных трансплантатов после имплантации.

По результатам проведенного исследования, самым прочным материалом является сухожилие подвздошно-большеберцового тракта (рис. 5). Это можно объяснить тем, что по своему гистологическому строению сухожилия и фасции представляют собой плотную волокнистую оформленную соединительную ткань и являются наиболее прочной тканью организма [11]. По схожести гистологического строения подвздошно-большеберцовый тракт также является наиболее близким к утраченной сухожильной ткани вращательной манжеты. При этом сухожилие подвздошно-большеберцового тракта



**Рис. 5.** Результаты исследований характеристик трех образцов тканей, используемых при реконструкции верхней части капсулы плечевого сустава.

**Fig. 5.** The results of the studies of on the characteristics of three tissue samples used for the superior capsule reconstruction of the shoulder joint with a massive rotator cuff tear.

показало наименьшую устойчивость к прорезыванию шовной нитью. Данный факт можно интерпретировать структурным строением ткани, а именно тем, что за счет разнонаправленного расположения пластин, из которых состоит фасция, и вариативности толщины на разных участках она оказалась наименее устойчивой к прорезыванию нитью. Ткани, имеющую гомогенную структуру (твердая мозговая оболочка и дермальный бесклеточный матрикс), показали лучшую устойчивость к прорезыванию.

Наиболее устойчивым к прорезыванию швов и самым эластичным оказался бесклеточный дермальный матрикс. Необходимо отметить, что бесклеточный дермальный матрикс показал значительно меньшие показатели прочности по сравнению с подвздошно-большеберцовым трактом.

При исследовании твердой мозговой оболочки были выявлены наименьшие показатели прочности и эластичности материала и средние значения устойчивости к прорезыванию.

Относительно невысокие прочностные характеристики твердой мозговой оболочки и бесклеточного дермального матрикса, предположительно, связаны с их гистологическим строением, так как оба вида ткани представляют собой плотную волокнистую неоформленную соединительную ткань [12].

Имея схожее гистологическое строение и наличие большого числа эластических волокон в своем строении, помимо коллагеновых, оба вида ткани должны обладать хорошей эластичностью. По результатам эксперимента, твердая мозговая оболочка имеет наименьшую эластичность среди всех исследуемых тканей. Вероятно, это связано с методом обработки трансплантата, т.к. у подвздошно-большеберцового тракта, имеющего аналогичную обработку, также невысокие показатели эластичности.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В исследовании были изучены механические свойства трех трансплантатов, которые используются для реконструкции верхней капсулы плечевого сустава при массивных разрывах вращательной манжеты. Аллотрансплантат твердой мозговой оболочки при средних показателях критической силы на разрыв и при прорезывании шовным материалом имел наименьшее значение максимального удлинения, что свидетельствует о его низкой эластичности. По результатам ис-

следования, трансплантаты аллосухожилия подвздошно-большеберцового тракта и бесклеточно-го дермального матрикса DX Reinforcement Matrix обладают оптимальными механическими свойствами для реконструкции верхней части капсулы плечевого сустава. Следует отметить, что свойства трансплантатов, в том числе и механические, могут изменяться в процессе перестройки после имплантации в плечевой сустав, поэтому для выбора оптимального трансплантата необходимы дальнейшие исследования и наблюдения.

## ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

**Вклад авторов.** Кочиш А.Ю., Доколин С.Ю., Ахпашев А.А. — дизайн и концепция исследования; Найда Д.А., Тюлькевич Б.В. — разработка и проведение эксперимента, сбор и обработка материалов, написание и редакционная работа с текстом статьи. Авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией).

**Author contribution.** Kochish A.Yu., Dokolin S.Yu., Akhpashev A.A. — study design and concept; Naida D.A., Tyulkevich B.V. — design and realization of the experiment, collection and processing of the obtained data, manuscript writing and revision. The authors made a substantial contribution to the conception of the work, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the work, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work.

**Источник финансирования.** Исследование не имело спонсорской поддержки и осуществлялось на личные средства авторов.

**Funding source.** This study was not supported by any external sources of funding.

**Конфликт интересов.** Авторы подтверждают отсутствие конфликта интересов, о котором необходимо сообщить.

**Competing interests.** The authors declare that they have no competing interests.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCE

1. Thorsness R, Romeo A. Massive rotator cuff tears: trends in surgical management. *Orthopedics*. 2016;39(3):145–151. doi: 10.3928/01477447-20160503-07

2. Dang A, Davies M. Rotator cuff disease: treatment options and considerations. *Sports Med Arthrosc Rev*. 2018;26(3):129–133. doi: 10.1097/JSA.0000000000000207
3. Sochacki KR, McCulloch PC, Lintner DM, Harris JD. Superior capsular reconstruction for massive rotator cuff tear leads to significant improvement in range of motion and clinical outcomes: a systematic review. *Arthroscopy*. 2019;35(4):1269–1277. doi: 10.1016/j.arthro.2018.10.129
4. Berthold DP, Bell R, Muench LN, et al. A new approach to superior capsular reconstruction with hamstring allograft for irreparable posterosuperior rotator cuff tears: a dynamic biomechanical evaluation. *J Shoulder Elbow Surg*. 2021;30(7S):S38–S47. doi: 10.1016/j.jse.2021.04.002
5. Mihata T, McGarry MH, Kahn T, et al. Biomechanical effect of thickness and tension of fascia lata graft on glenohumeral stability for superior capsule reconstruction in irreparable supraspinatus tears. *Arthroscopy*. 2016;32(3):418–426. doi: 10.1016/j.arthro.2015.08.024
6. Крюков Е.В., Брижань Л.К., Хоминец В.В., и др. Опыт клинического применения тканеинженерных конструкций в лечении протяженных дефектов костной ткани // *Гений ортопедии*. 2019. Т. 25, № 1. С. 49–57. [Kryukov EV, Brizhan LK, Khominets VV, et al. Experience of clinical application of tissue-engineered structures in the treatment of extended bone tissue defects. *Genius of Orthopedics*. 2019;25(1):49–57. (In Russ.)] doi 10.18019/1029-4427-2019-25-1-49-57
7. Cline K, Tibone JE, Ihn H, et al. Superior capsule reconstruction using fascia lata allograft compared with double- and single-layer dermal allograft: a biomechanical study. *Arthroscopy*. 2021;37(4):1117–1125. doi: 10.1016/j.arthro.2020.11.054
8. Lacheta L, Brady A, Rosenberg SI, et al. Superior capsule reconstruction with a 3 mm-thick dermal allograft partially restores glenohumeral stability in massive posterosuperior rotator cuff deficiency: a dynamic robotic shoulder model. *Am J Sports Med*. 2021;49(8):2056–2063. doi: 10.1177/03635465211013364
9. Mihata T, Bui CN, Akeda M, et al. A biomechanical cadaveric study comparing superior capsule reconstruction using fascia lata allograft with human dermal allograft for irreparable rotator cuff tear. *J Shoulder Elbow Surg*. 2017;26(12):2158–2166. doi: 10.1016/j.jse.2017.07.019
10. Hackett ES, Harilal D, Bowley C, et al. Evaluation of porcine hydrated dermis augmented repair in a fascial defect model. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater*. 2011;96(1):134–138. doi: 10.1002/jbm.b.31751
11. Quaglini V, Villa T. Mechanical properties of solvent-dehydrated bovine pericardium xeno graft for dura mater repair. *J Appl Biomater Biomech*. 2007;5(1):34–40.
12. Быков В.Л. Цитология и общая гистология. Санкт-Петербург: Сотис, 2003. 519 с. [Bykov VL. Cytology and general histology. Saint Petersburg: Sotis; 2003. 519 p. (In Russ.)]

#### ОБ АВТОРАХ

Автор, ответственный за переписку:

**Найда Дарья Александровна;**

адрес: 105094, Москва, Госпитальная пл. д. 3;  
e-mail: dariaanayda@gmail.com; eLibrary SPIN: 6494-4709;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4567-2612>

Соавторы:

**Доколин Сергей Юрьевич**, д.м.н.;

eLibrary SPIN: 1993-2304; e-mail: sdokolin@gmail.com

**Кочиш Александр Юрьевич**, д.м.н., профессор;

eLibrary SPIN: 7522-8250; e-mail: auk1959@mail.ru

**Ахпасhev Александр Анатольевич**, к.м.н., доцент;

e-mail: akhpashev@gmail.com;

eLibrary SPIN: 9965-1828

**Тюлькевич Борис Владимирович;**

e-mail: 1983loki@mail.ru

#### AUTHORS INFO

The author responsible for the correspondence:

**Daria A. Naida**, MD; address: 3 Hospitalnaya pl.,  
105094, Moscow, Russia; e-mail: dariaanayda@gmail.com;  
eLibrary SPIN: 6494-4709;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4567-2612>

Co-authors:

**Sergei Yu. Dokolin**, MD, Dr. Sci. (Med.);

eLibrary SPIN: 1993-2304; e-mail: sdokolin@gmail.com

**Alexander Yu. Kochish**, MD, Dr. Sci. (Med.), Professor;

eLibrary SPIN: 7522-8250; e-mail: auk1959@mail.ru

**Alexander A. Akhpashev**, MD, Cand. Sci. (Med.),

Associate Professor; e-mail: akhpashev@gmail.com;

eLibrary SPIN: 9965-1828

**Boris V. Tyulkevich**, MD;

e-mail: 1983loki@mail.ru