

## **ВЛИЯНИЕ ВЫБОРА ИСТОЧНИКА АУТОТРАНСПЛАНТАТА ПРИ СОЧЕТАННОЙ ТРАВМЕ МЕНИСКА И ПЕРЕДНЕЙ КРЕСТООБРАЗНОЙ СВЯЗКИ НА ФУНКЦИОНАЛЬНОСТЬ МЫШЦ НИЖНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ**

**Федулова Д.В.<sup>1</sup>, Бердюгин К.А.<sup>2,3</sup>**

<sup>1</sup>ИФКСиМП ФГАОУ ВО «УрФУ им. Первого Президента России Б.Н. Ельцина», Екатеринбург, e-mail: darya-fedulova@yandex.ru;

<sup>2</sup>ГБУЗ СО «ЦСВМП «Уральский институт травматологии и ортопедии имени В.Д. Чаклина», Екатеринбург, e-mail: kiralber73@rambler.ru;

<sup>3</sup>ФГБОУ ВО «Уральский государственный медицинский университет» Минздрава России, Екатеринбург

---

В статье анализируются результаты хирургического восстановления передней крестообразной связки (ПКС) аутографтом из сухожилий полусухожильной и тонкой мышцы бедра и аутографтом из сухожилия длинной малоберцовой мышцы. Цель исследования – оценить влияние техник восстановления ПКС на функциональную активность мышц нижних конечностей. Для этого участникам эксперимента предлагалось пройти тестирование на многофункциональном тренажере HUBER Motion Labдо операции и через 6, 7 недель, 3 месяца после операции. Знание особенностей мышц нижних конечностей на различных периодах восстановительного лечения позволит формировать процесс физической реабилитации и, в частности, комплексов лечебной гимнастики, более полноценно. Результаты исследования показали, что техника восстановления связки аутографтом из сухожилия длинной малоберцовой мышцы способствуют большему количеству слабости мышц, чем техника восстановления ПКС аутографтом из подколенных сухожилий.

---

Ключевые слова: сочетанная травма, восстановление ПКС, физическая реабилитация, функциональность мышц.

## **INFLUENCE THE CHOICE OF AUTOGRAFT SOURCE WITH COMBINED TRAUMA OF THE MENISCUS AND THE ANTERIOR CRUCIATE LIGAMENT ON THE FUNCTIONALITY OF THE LOWER LIMB MUSCLES**

**Fedulova D.V.<sup>1</sup>, Berdyugin K.A.<sup>2,3</sup>**

<sup>1</sup>Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin, Ekaterinburg, e-mail: darya-fedulova@yandex.ru;

<sup>2</sup>Ural Institute of traumatology and orthopedics named after V.D. Chaklin, Ekaterinburg, e-mail:kiralber73@rambler.ru;

<sup>3</sup>Ural State Medical University, Yekaterinburg

---

The article analyzes the results of surgical repair of the anterior cruciate ligament (ACL) autograft of semitendinosus tendon and thin thigh muscles and tendon autograft from long peroneus longus. The purpose of research – to assess the impact of techniques on functional recovery ACL lower limb muscle activity. For this experiment, participants were asked to take a test on the multifunction simulator HUBER Motion Lab before surgery and at 6, 7 weeks, 3 months after surgery. Knowledge of the lower limb muscles at different periods of rehabilitation more fully treatment will help shape the process of physical rehabilitation and, in particular, complexes therapeutic exercises. The results showed that the recovery technique ligament autograft from the tendon of the long fibular muscle weakness contribute more muscle than recovery equipment ACL autograft from the hamstrings.

---

Keywords: combined trauma; ACL recovery; physical rehabilitation; muscle functionality.

Повреждения передней крестообразной связки в сочетании с повреждением мениска встречается в 70 % случаях [5]. После проведения операции по восстановлению связки и резекции мениска следует длительный период иммобилизации конечности (до 7 недель) в ортезе, в результате чего возникает слабость мышц и вероятно развитие контрактур. Проведение комплекса лечебной гимнастики с первых дней (со 2 дня) после операции

позволяет минимизировать возможные осложнения и ускорить процесс восстановления опороспособности конечности. От выбора источника аутотрансплантата зависит область хирургического вмешательства и, как следствие, ослабление конкретных мышц.

Компьютеризованная система HUBER Motion Lab (компания LPG-Systems, Франция) позволяет детально проанализировать работоспособность мышц и процент координации при динамической работе – одни из важных показателей в процессе восстановления.

### **Методика и организация исследования**

Исследование проводилось на базе ГБУЗ СО «Центр специализированных видов медицинской помощи “Уральский институт травматологии и ортопедии имени В.Д. Чаклина”», а также лаборатории «Технологии восстановления и отбора в спорте» Института физической культуры, спорта и молодежной политики УрФУ.

В эксперименте приняли участие 30 человек: 2 группы по 15 человек в возрасте от 20 до 35 лет с сочетанной травмой мениска и передней крестообразной связки, ранее не имевших травм коленного сустава.

В первую группу вошли пациенты, которым была проведена артроскопическая операция по восстановлению передней крестообразной связки аутотрансплантатом из сухожилия полусухожильной и тонкой мышцы бедра (подколенных сухожилий). Вторая группа представлена пациентами, у которых аутотрансплантат для восстановления ПКС был взят из сухожилия длинной малоберцовой мышцы.

Оба аутотрансплантата имеют приблизительно равные прочностные характеристики [1]. В восстановительном лечении при взятии аутотрансплантата из подколенных сухожилий возникает нарушение ротационных движений в коленном суставе и ограничение подвижности со стороны разгибательного аппарата. Однако преимуществом данного метода является то, что редко развивается болезненность «донорского места» и локализация хирургического вмешательства в одной области.

Аутотрансплантат из длинной малоберцовой мышцы выбирают тогда, когда имеется синдром гипермобильности суставов и сопутствующие заболевания. Преимуществом данного источника аутотрансплантата является его нахождение вне капсульно-связочного аппарата, что позволяет раньше начать процесс активной реабилитации, однако минусом является то, что хирургическая операция происходит в двух местах на конечности.

Все участники эксперимента травму получили при занятии спортом: 87 % – игровые виды спорта (в основном футбол), 10 % – единоборства, 3 % – другое. В среднем, срок травмы до операции составлял  $3,1 \pm 0,5$  года.

Для исследования были взяты группы мышц, которые являются основными при ходьбе и восстановлении опороспособности [2]:

- **Четырехглавая мышца** (прямая мышца бедра, медиальная широкая, латеральная широкая, промежуточная широкая мышцы). Функция: сгибание бедра, разгибание голени, наружная и внутренняя ротация голени.

- **Икроножная мышца**. Функция сгибание голени (не при согнутой стопе), подошвенное сгибание стопы в голеностопном суставе, супинация стопы.

- **Отводящие мышцы** (большая ягодичная мышца, средняя и малая ягодичные мышцы, напрягатель широкой фасции, грушевидная мышца). Отводящие мышцы, так же как и приводящие по функции объединяются на отведение и приведение бедра.

- **Приводящие мышцы** (тонкая мышца, длинная, короткая и большая приводящие мышцы, гребенчатая мышца).

На тренажере исследовались такие показатели, как: максимальная сила отдельно взятой мышцы, среднее значение силы, используемое в динамике, и процент координации (%).

Суть эксперимента заключалась в том, что пациенту предлагалось занять исходное положение на тренажере, при котором определялась работа конкретной мышцы. В этом положении у пациента сначала тестировалось максимальное усилие мышцы, в дальнейшем компьютеризованная система HUBER MotionLab моделировала упражнение, исходя из начальных силовых данных (с биологической обратной связью). Для оценки максимальной силы мышцы пациенту необходимо было удерживать усилие на протяжении 4 серий (каждая состоит из 4 подходов), общее время выполнения 4,12 минут. При этом колонна с рукоятками движется вверх-вниз, платформа, на которой стоит пациент, осуществляет колебания, амплитудой до 10 градусов (скорость вращения платформы 0–41об/мин), таким образом, измеряется координация.

Всем участникам эксперимента было предложено пройти тестирование 4 раза: до операции, через 6 недель (на 42 день после операции), 7 недель (на 50–51 день после операции) и через 3 месяца (на 90–91 день) после операции. Данные периоды были взяты, т.к. необходимо было посмотреть, какую нагрузку по работе мышц на себя забирает ортез. Учитывая, что ортез пациентам рекомендовано было снимать через 7 недель после операции, тестирование проводилось за неделю до снятия ортеза и сразу после. Следующий период в 3 месяца был выбран, т.к. на протяжении 3 мес. происходит приживание трансплантата в коленный сустав [3, 4], поэтому было важно посмотреть состояние мышц к завершению данного периода.

### **Результаты исследования и их обсуждения**

В табл. 1 представлены средние значения результатов работоспособности мышц нижней конечности после реконструкции связки с ауто трансплантатом из подколенных сухожилий по группе. В данную группу вошли 15 человек: 7 девушек и 8 молодых людей, у

которых были прооперированы 9 правых и 6 левых коленных суставов. В табл. 2 представлены результаты достоверности по t-критерию Стьюдента показателей максимальной силы мышц нижних конечностей при данной техники восстановления связки.

Таблица 1

**Результаты работоспособности мышц нижних конечностей после реконструкции ПКС из подколенных сухожилий**

	4-главая		Икроножная		Приводящие		Отводящие	
<b>До операции</b>								
<b>макс.сила</b>	30± 4,3	32,4± 4,5	36,3±3,1; 37,6±3,4	38,1±3; 35,3±2,6	38,3± 4,8	38,8± 4,4	36,9± 3	40,6± 4,3
<b>координация</b>	47%	45%	37%, 41%	44%, 48%	52%	50%	82%	78%
<b>6 недель</b>								
<b>макс.сила</b>	20,7± 3,2*	21,3± 3,4*	25,3±3; 27,6±2,9*	26,6±2,6; 25,3±2,4*	26,3± 3,6*	21,6± 3,1*	24,5± 4*	24± 3,5*
<b>координация</b>	36%	38%	32%, 34%	31%, 33%	39%	50%	73%	60%
<b>7 недель</b>								
<b>макс.сила</b>	23,5± 2,4**	24,6± 1,9**	27,7±2,5; 29,6±2,7**	24,9±2,1; 24,7±2,3**	32,5± 3,5**	32± 3,3*	30,8± 4,2**	30,5± 4,1**
<b>координация</b>	38%	43%	40%, 42%	45%, 41%	48%	47%	68%	68%
<b>3 месяца</b>								
<b>макс.сила</b>	34,7± 3,4*	34,6± 3,5*	34,7±2,1; 37,4±2,5*	32,9±2,3; 34±2,5*	44,3± 3,4*	45,1± 3,6*	43± 3,9*	42,9± 3,9*
<b>координация</b>	53%	51%	42%, 46%	48%, 47%	59%	62%	66%	74%

\* $p \leq 0,05$ , \*\* $p > 0,05$ .

Таблица 2

**Результаты достоверности по показателю максимальной силы мышц нижних конечностей после реконструкции ПКС из подколенных сухожилий**

4-главая		Икроножная		Приводящие		Отводящие	
<b>От «До операции» до 6 нед.</b>							
0,032	0,016	0,022; 0,042	0,012; 0,013	0,034	0,001	0,021	0,009
<b>От 6 нед. до 7 нед.</b>							

0,427**	0,337**	0,535; 0,625**	0,621; 0,869**	0,233**	0,034	0,285**	0,236**
<b>От 7 нед. до 3 мес.</b>							
0,016	0,024	0,045; 0,048	0,02; 0,014	0,028	0,013	0,044	0,039
<b>От «До операции» до «3 месяца»</b>							
0,319**	0,655**	0,692; 0,951**	0,188; 0,736**	0,255**	0,208**	0,222**	0,699**

В табл. 3 представлены средние значения результатов работоспособности мышц нижних конечностей после реконструкции связки с аутотрансплантатом из сухожилия длинной малоберцовой мышцы по группе. В данную группу вошли 15 человек: 11 девушек и 4 молодых человека, у которых были прооперированы 5 правых и 10 левых коленных суставов. Наибольшая эластичность связок наблюдается у девушек, поэтому им чаще выполняется операция из сухожилия малоберцовой мышцы.

Таблица 3

**Результаты работоспособности мышц нижних конечностей после реконструкции ПКС из сухожилия длинной малоберцовой мышцы**

	4-главая		Икроножная		Приводящие		Отводящие	
<b>До операции</b>								
<b>макс.сила</b>	29,1±4	28,4± 4,3	26,8±3,1; 28,9±3	29,8±2,7; 30,7±3,2	32,1± 4,7	35,1± 5,1	25,8± 1,3	28,3± 1,7
<b>координация</b>	60%	62%	47%, 50%	54%, 53%	57%	61%	69%	54%
<b>6 недель</b>								
<b>макс.сила</b>	17,5± 3,2*	19,7± 3,7*	18,1±2; 20,3±2*	21±2,8; 20,9±2,6*	28,7± 3,9**	25,7± 3,7*	18,1± 3,3*	20,6± 3*
<b>координация</b>	41%	44%	24%, 31%	31%, 31%	49%	66%	79%	73%
<b>7 недель</b>								
<b>макс.сила</b>	20,3± 3,9**	21,8± 3,9**	19,4±2,6; 21±2,7**	20,8±2,6; 21,2± 2,5**	29,7± 4,9**	30,4± 5,1**	19,7± 3,1**	20,4± 3**
<b>координация</b>	62%	67%	22%, 30%	43%, 42%	45%	62%	61%	67%
<b>3 месяца</b>								
<b>макс.сила</b>	28,1±	30,9±	28,3±1,9;	30±3,1;	35,3±	36,1±	24,9±	26,5±

	3,2**	2,1*	29,9±3*	30,6±3,5*	2,8**	2,9**	2,8**	3,6**
<b>координация</b>	65%	64%	39%, 41%	42%, 43%	54%	62%	83%	80%

\* $p \leq 0,05$ , \*\* $p > 0,05$ .

В таблицах 1 и 3 каждая мышца имеет 2 показателя: максимальной силы мышцы и показатель динамической координации в сагиттальной плоскости в зависимости от усилия конкретной мышцы при раскоординированном движении. Показатели слева описывают состояние мышц левой нижней конечности, справа – правой. Икроножная мышца имеет больше значений, чем остальные, связано это с тем, что тестируется мышца в положении стоя, когда одна нога находится спереди, другая сзади (рисунок), и в таком положении осуществляется одновременное усилие правой и левой рукой, далее нога меняется, поэтому 4 значения.

Таблица 4

**Результаты достоверности по показателю максимальной силы мышц нижних конечностей после реконструкции ПКС из сухожилия длинной малоберцовой мышцы**

4-главая		Икроножная		Приводящие		Отводящие	
<b>От «До операции» до 6 нед.</b>							
0,002	0,004	0,038;0,033	0,04;0,032	0,35**	0,02	0,023	0,0006
<b>От 6 нед. до 7 нед.</b>							
0,396**	0,528**	0,712; 0,837**	0,96; 0,926**	0,81**	0,29**	0,653**	0,957**
<b>От 7 нед. до 3 мес.</b>							
0,078**	0,012*	0,024;0,05	0,045;0,05	0,218**	0,225**	0,08**	0,05*
<b>От «До операции» до «3 месяца»</b>							
0,08**	0,5**	0,686; 0,823**	0,958; 0,984**	0,399**	0,798**	0,783**	0,667**



*Тестирование икроножной мышцы на тренажере HUBERmotionlab*

В таблице 5 и 6 представлено процентное соотношение изменения показателей работоспособности мышц нижних конечностей относительно предыдущего периода.

Таблица 5

**Изменения работоспособности мышц нижних конечностей после реконструкции ПКС из подколенных сухожилий (%)**

	4-главая		Икроножная		Приводящие		Отводящие		
<b>6 недель</b>									
<b>макс.сила</b>	-31	-34,3	-30,3; -26,6	-30,2; -28,3	-31,3	-44,3	-33,6	-40,9	
<b>координация</b>	-23	-16	-14; -17	-30; -31	-25	0	-11	-23	
<b>7 недель</b>									
<b>макс.сила</b>	+13,5	+15,5	+9,5; +7,2	-6,4; -2,4	+23,6	+48,1	+25,7	+27,1	
<b>координация</b>	+6	+13	+25; +24	+7; +24	+23	-6	-7	+13	
<b>3 месяца</b>									
<b>макс.сила</b>	+47,7	+40,6	+25,3; +26,4	+32,1; +37,7	+36,3	+40,9	+39,6	+40,7	
<b>координация</b>	+39	+19	+5; +10	+7; +15	+23	+32	-3	+9	
<b>Изменения от «До операции» и до «3 месяца»</b>									
<b>координация</b>	+15,7	+6,8	-4,4; -0,5	-13,6; -3,7	+15,7	+16,2	+16,5	+5,7	
<b>координация</b>	+13	+13	+14; +12	+9; -2	+13	+24	-16	-5	

**Изменения работоспособности мышц нижних конечностей после реконструкции ПКС  
из сухожилия длинной малоберцовой мышцы (%)**

	4-главая		Икроножная		Приводящие		Отводящие	
<b>6 недель</b>								
<b>макс.сила</b>	-39,9	-30,6	-32,5; -29,8	-29,5;-31,9	-10,6	-26,8	-29,8	-27,2
<b>координация</b>	-32	-29	-49, -38	-42, -42	-14	+8	+14	+35
<b>7 недель</b>								
<b>макс.сила</b>	+16	+10,7	+7,2; +3,4	-0,9; +1,4	+3,5	+18,3	+8,8	-1
<b>координация</b>	+51	+52	-8, -3	+39, +35	-8	-6	-23	-8
<b>3 месяца</b>								
<b>макс.сила</b>	+38,4	+41,7	+45,9; +42,4	+44,2; +44,3	+18,9	+18,8	+26,4	+29,9
<b>координация</b>	+5	-4	+77, +37	-2, +2	+20	0	+36	+19
<b>Изменения от «До операции» и до «3 месяца»</b>								
<b>координация</b>	-3,4	+8,8	+5,6; +3,5	+0,7; -0,3	+9,9	+2,8	-3,5	-6,4
<b>координация</b>	+8	+3	-17, -18	-22, -19	-5	+2	+20	+48

Рассматривая показатели результатов пациентов, которым была выполнена операция по восстановлению передней крестообразной связки из подколенных сухожилий, отметим, что в срок 6 недель наблюдается снижение по всем показателям по сравнению с результатами мышц до операции. Вероятно, это связано с проведением операции, отсутствием осевой нагрузки в первую неделю, ношением ортеза и наличием щадящего режима занятий. При тестировании в срок 7 недель (50–51 день после операции – через 2–3 дня после снятия ортеза) показатели улучшаются относительно предыдущего периода, что говорит о включении мышц в работу после снятия ортеза. Результаты с 6 до 7 недели не имеют достоверных различий, т.к. маленький промежуток между тестированием, существенных изменений не происходит. К 3 месяцам (90–91 день после операции) занятий результаты продолжают улучшаться. Однако при сравнительном анализе состояния мышц до операции и спустя 3 месяца после, отметим, что наблюдается слабость у икроножной мышцы, в координации теряют отводящие мышцы.

Показатели результатов пациентов, которым была выполнена операция по восстановлению передней крестообразной связки аутотрансплантатом из сухожилия длинной малоберцовой мышцы ниже, так как исследуемая группа состояла большей частью из девушек (11 пациентов). В срок 6 недель (42-й день) наблюдается так же, как и при

технике восстановления связки из подколенных сухожилий, снижение всех показателей работоспособности мышц, которые уже сложнее восстанавливаются к 7 неделям. К 3 месяцам показатели выходят в динамику улучшения. Сравнивая результаты мышц до операции и спустя 3 месяца, отметим, что в силе потеряли отводящие мышцы и четырехглавая мышца, показатели силы икроножной мышцы вышли на уровень «до операции». Добавим, что результаты почти всех периодов не имеют достоверных различий, что связано, по нашему мнению, с тем, что мышцы сложнее восстанавливаются в результате большего количества поражения. Таким образом, при данной технике восстановления ПКС ослабевает большее количество мышц нижних конечностей, чем при технике восстановления связки из подколенных сухожилий, и их восстановление происходит медленнее.

Дальнейшее исследование будет направлено на анализ степени работоспособности мышц нижних конечностей через 6 месяцев после операции, после завершения тренировочно-восстановительного периода физической реабилитации.

### **Выводы**

- 1) Наибольшее влияние выбора источника аутотрансплантата при сочетанной травме мениска и передней крестообразной связки на функциональность мышц нижних конечностей оказывает способ восстановления ПКС аутотрансплантатом из сухожилия длинной малоберцовой мышцы. Данная техника, несмотря на ряд преимуществ, способствует большему количеству слабости мышц. Техника восстановления ПКС аутотрансплантатом из подколенных сухожилий показывает стабильные результаты по равномерному увеличению силы мышц и двигательной координации.
- 2) При оценке степени функциональной нагрузки на ортез, при его ношении на протяжении 7 недель (50 дней) после операции, отмечается отсутствие существенных изменений по силе мышц оперированной конечности.
- 3) В целом отмечается положительная динамика восстановления, эффект комплекса лечебной гимнастики, который направлен на разработку конечности и увеличение силы мышц.

### **Список литературы**

1. Кожевников Е.В. Пластическое восстановление передней крестообразной связки свободным аутотрансплантатом из сухожилия длинной малоберцовой мышцы / Е.В. Кожевников, П.А. Баженов // Политравма. – 2011. – № 1. – С. 76-81.

2. Мышцы в спорте. Анатомия. Физиология. Тренировка. Реабилитация / под ред. Й. М. Йегера, К. Крюгера; пер. с нем. под общ. ред. Д. Г. Калашникова. – Москва: Практическая медицина, 2016. – 408 с.
3. Тихилов Р.М. Восстановительное лечение после реконструкции передней крестообразной связки коленного сустава (руководство для пациента) / Р.М. Тихилов, А.П. Трачук, О.Е. Богопольский, Т.В. Серебряк. – Санкт-Петербург, 2009. – 32 с.
4. Biscarini A. Modeling of the knee joint load in rehabilitative knee extension exercise sunder water / A. Biscarini, G. Cerulli// Journal of Biomechanics. – 2007. – Vol. 40. – P. 345-355.
5. Sofu H. Short-term effects of partial meniscectomy on the clinical results of anterior cruciate ligament reconstruction / Hakan Sofu, Timur Yildirim, Sarper Gu`rsu [et al.] // Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy. – 2015. – Vol. 23. – P. 184-187.