

## ДИНАМИКА ПАРАМЕТРОВ МИКРОЦИРКУЛЯТОРНО-ТКАНЕВОЙ СИСТЕМЫ В ЗОНЕ КОЛЕННОГО СУСТАВА ПРИ ПРОВЕДЕНИИ КОМПЛЕКСНОЙ МЕДИЦИНСКОЙ РЕАБИЛИТАЦИИ ПОСЛЕ РЕКОНСТРУКЦИИ ПЕРЕДНЕЙ КРЕСТООБРАЗНОЙ СВЯЗКИ

И.И. Радыш<sup>1\*</sup>, Л.С. Круглова<sup>2</sup>, М.Б. Базарова<sup>2</sup>, В.В. Бояринцев<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ФГБУ «Клиническая больница № 1» Управления делами Президента РФ, Москва

<sup>2</sup> ФГБУ ДПО «Центральная государственная медицинская академия» Управления делами Президента РФ, Москва

## DYNAMICS OF MICROCIRCULATORY TISSUE PARAMETERS OF THE KNEE JOINT DURING COMPREHENSIVE MEDICAL REHABILITATION AFTER THE ANTERIOR CRUCIATE LIGAMENT RECONSTRUCTION

I.I. Radysh<sup>1\*</sup>, L.S. Kruglova<sup>2</sup>, M.B. Bazarova<sup>2</sup>, V.V. Boyarintsev<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Clinical Hospital No 1 of Department of Presidential Affairs, Moscow, Russia

<sup>2</sup> Central State Medical Academy of Department of Presidential Affairs, Moscow, Russia

\* E-mail: dr-ivo@yandex.ru

### Аннотация

**Цель исследования** – изучение динамики параметров микроциркуляторно-тканевой системы (МТС) в зоне коленного сустава при проведении комплексной медицинской реабилитации после ранней и отсроченной реконструкции передней крестообразной связки. **Материалы и методы.** В исследовании приняли участие 175 пациентов (97 мужчин и 78 женщин) в возрасте 18–55 лет с изолированным разрывом передней крестообразной связки (ПКС) коленного сустава, которым после выполнения артроскопической реконструкции ПКС были проведены реабилитационные мероприятия. Средний возраст пациентов –  $36.7 \pm 0.5$  лет. **Результаты.** При сравнении показателей между основными и контрольными группами выявлено статистически значимое улучшение исследуемых показателей МТС в зоне коленного сустава в основных группах по сравнению с контрольными независимо от сроков выполнения пластики. Полученные результаты свидетельствуют о более высокой эффективности лечения с применением комплексной реабилитации по индивидуальной программе при проведении реконструкции на более ранних сроках с момента получения травмы. **Заключение.** Применение комплексной физической реабилитации способствует ускоренному регрессу основных клинических проявлений перенесенной реконструкции ПКС, статистически достоверному повышению тканевой перфузии в зоне сустава, нормализации параметров нутритивного кровотока и усилению кислородного обмена у пациентов основных групп по сравнению с пациентами контрольной группы, проходивших базовый комплекс реабилитационных мероприятий.

**Ключевые слова:** реабилитация, эффективность лечения, передняя крестообразная связка, артроскопическая реконструкция.

### Abstract

**Purpose.** To study the dynamics of microcirculatory tissue system parameters in the knee joint during comprehensive medical rehabilitation after early and delayed reconstruction of the anterior cruciate ligament (ACL). **Materials and methods.** 175 patients (97 men and 78 women, aged 18–55) with isolated ACL rupture in the knee joint, who were at their rehabilitation course after arthroscopic ACL reconstruction, were taken in the study. The average age of patients was  $36.7 \pm 0.5$  years. **Results.** Comparison between the main and control groups revealed a statistically significant improvement in the studied parameters of microcirculatory tissue system in the knee joint in the main groups compared to the controls regardless of the time of plastic surgery intervention. The results obtained demonstrate better effectiveness of complex personalized rehabilitation in the group of patients who had early reconstruction after injury than the delayed one. **Conclusion.** Comprehensive physical rehabilitation contributes to the accelerated regression of main clinical manifestations in patients after ACL reconstruction, namely, statistically significant increase in tissue perfusion in the joint area, normalization of nutritional blood flow parameters and increased oxygen metabolism compared to the control group in which patients had a conventional set of rehabilitation measures.

**Keywords:** rehabilitation, treatment effectiveness, anterior cruciate ligament, arthroscopic reconstruction.

*Ссылка для цитирования: Радыш И.И., Круглова Л.С., Базарова М.Б., Бояринцев В.В. Динамика параметров микроциркуляторно-тканевой системы в зоне коленного сустава при проведении комплексной медицинской реабилитации после реконструкции передней крестообразной связки. Кремлевская медицина. Клинический вестник. 2023; 4: 52–55.*

В последнее время все большее значение при проведении реабилитационных мероприятий после оперативной пластики связочного аппарата коленного сустава придается лечебным физическим факторам [1]. Согласно Федеральным клиническим рекомендациям, реабилитация пациентов после артроскопических операций на коленном суставе реализуется на основе мультидисциплинарного подхода с привлечением широкого арсенала нелекарственных технологий [2, 3].

Применению лечебных физических факторов при проведении медицинской реабилитации пациентов после реконструкции передней крестообразной связки (ПКС) коленного сустава посвящено большое количество научных работ, в которых доказывается эффективность кинезиотейпирования [4], лазеротерапии высокой интенсивности [5], тренировочных программ на лечебно-диагностическом комплексе в комбинации с электромиостимуляцией (ЭМС)



Статистическую обработку данных осуществляли с помощью программы Statistica 12.0 (StatSoft Inc., США). Предварительно проводили анализ рассматриваемых показателей на нормальность распределения (критерий Шапиро – Уилка). Достоверность различий в оцениваемых группах устанавливали с использованием параметрических критериев (t-критерий Стьюдента). При этом критический уровень значимости  $p = 0.05$ .

### Результаты и обсуждение

Оценка параметров МТС в зоне коленного сустава при проведении комплексной медицинской реабилитации после реконструкции ПКС является важным информативным тестом, позволяющим оценить адекватность проведения мероприятий, направленных на нормализацию местного кровотока, устранение отека и улучшение трофики тканей. Полученные результаты основных показателей МТС в зоне коленного сустава представлены в табл. 1.

Из представленных данных следует, что проведение реабилитационных мероприятий в контрольной группе привело к изменению параметров ЛДФ-метрии, указывающих на снижение выраженности расстройства микроциркуляции по гиперемическому типу. Это проявилось в незначительном снижении показателя тканевой перфузии и достоверном увеличении амплитуды низкочастотных флуксуаций на 10% ( $p < 0.05$ ). Медленные волны характеризуют механизм активной модуляции тканей перфузии, а рост их амплитуды указывает на снижение тонуса вазомоторов прекапиллярного уровня [13]. Об этом свидетельствует уменьшение величины МТ и, как следствие, повышение ОНК на 16% ( $p < 0.05$ ). Динамика параметров, отражающих метаболизм  $O_2$ , во многом определяется параметром нутритивного звена кровотока, что объясняет выявленное повышение СПК и ПОМ на 10 и 14% в контрольной группе.

Оценка частных характеристик ЛДФ-грамм в основной группе с ранней реконструкцией ПКС позволила выявить выраженные изменения в активности миогенного механизма, определяющего состояние резистивных сосудов: величина МТ уменьшилась по сравнению с контролем на 19%, что предопределило более выраженную позитивную динамику со стороны других оцениваемых показателей. Так, величина ОНК возросла на 33%, что достоверно выше, чем в контрольной группе. При этом значение ПОМ в математическом выражении – это отношение ОНК к сумме амплитуд флуоресценции НАД- и ФАД-зависимых ферментов в электрон-транспортной цепи [14]. Рост уровня СПК в основной группе свидетельствует о зависимости метаболизма  $O_2$  от параметра нутритивного кровотока.

В то же время в основной группе с отсроченной реконструкцией ПКС аналогичная динамика составила от 5 до 18%, хотя достоверно изменились только объем нутритивного кровотока и показатель шунтирования.

Выявленное усиление эффекта на уровне микроциркуляторных процессов при применении разработанной комплексной программы медицинской реабилитации пациентов после проведенной реконструкции ПКС объясняется курсовым применением фономагнитотерапевтического комплекса с УФФ гидрокортизона. Использование ВЧМТ в фазу репаративной регенерации, по мнению С.Г. Абрамовича, усиливает местный кровоток вследствие увеличения числа функционирующих капилляров и повышает активность лимфоперфузии, что способствует реализации более выраженного лимфодренирующего и противоэкссудатив-

Таблица 1

**Динамика параметров МТС в зоне коленного сустава в исходном состоянии и после проведения комплексной медицинской реабилитации пациентов**

Опросник/ шкала		Пациенты с ранней реконструкцией ПКС		Пациенты с отсроченной реконструкцией ПКС	
		контрольная группа (n = 44)	основная группа (n = 44)	контрольная группа (n = 43)	основная группа (n = 44)
ПМ, пф. ед.	до	8.6±0.17	8.9±0.19	7.8±0.24	7.4±0.21
	после	7.7±0.18*	6.6±0.17**	7.6±0.21	7.0±0.15*
ОНК, пф. ед.	до	2.5±0.07	2.8±0.08	3.0±0.11	2.8±0.09
	после	2.9±0.11*	3.7±0.10**	3.1±0.12	3.3±0.13*
ПШ, отн. ед.	до	3.4±0.10	3.2±0.08	2.4±0.08	2.7±0.09
	после	2.7±0.07*	1.9±0.05**	2.5±0.08	2.2±0.07**
МТ, отн. ед.	до	4.2±0.11	4.0±0.06	3.3±0.15	3.1±0.12
	после	3.5±0.09*	2.8±0.07**	3.4±0.16	3.3±0.13
СПК, отн. ед.	до	180.8±5.5	184.9±5.6	193.9±7.6	203.1±8.2
	после	198.5±5.2*	256.1±6.2**	195.8±7.7	229.0±9.0**
ПОМ, отн. ед.	до	1.4±0.05	1.6±0.04	1.6±0.08	1.7±0.07
	после	1.6±0.06*	2.1±0.07**	1.7±0.08	1.9±0.09

\* Достоверное отличие от соответствующего показателя до реабилитации при  $p < 0.05$ ; \*\* достоверное отличие от соответствующего показателя контрольной группы при  $p < 0.05$ .

ного эффектов [11]. Следует также отметить позитивное влияние ультразвуковой терапии на микроциркуляторные процессы благодаря устранению патологического спазма гладкомышечных клеток прекапиллярного сфинктера, что сопровождается усилением перфузионно-нутритивного сопровождения мягких тканей в восстановительном периоде [15]. Дополнительное введение глюкокортикоидного препарата усиливает противовоспалительное действие лечебных физических факторов, снижая выраженность сосудистого компонента и концентрацию провоспалительных цитокинов в очаге воспаления.

Таким образом, сравнительная оценка параметров МТС в контрольной и основной группах позволяет заключить, что усиление базовой схемы реабилитации пациентов после реконструкции ПКС благодаря комплексному применению ВЧМТ и УФФ гидрокортизона способствует нормализации показателей микроциркуляции и кислородного метаболизма в зоне повреждения, что создает физиологическую основу для более полного восстановления функции коленного сустава.

### Заключение

Применение комплексной физической реабилитации способствует ускоренному регрессу основных клинических проявлений перенесенной реконструкции ПКС, статистически достоверному повышению тканевой перфузии в зоне сустава, нормализации параметров нутритивного кровотока и усилению кислородного обмена по сравнению с контрольной группой, проходившей базовый комплекс реабилитационных мероприятий.

*Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.*

### Литература

1. Айдаров В.И. и др. Программа реабилитации пациентов, перенесших пластику передней крестообразной связки коленного сустава // Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической

- культуры. – 2020. – Т. 97. – № 2. – С. 29–35. [Aydarov V.I. et al. Rehabilitation program for patients after the anterior cruciate ligament of the knee plasty // Problems of balneology, physiotherapy, and exercise therapy. – 2020. – V. 97. – No. 2. – P. 29–35. In Russian].
2. Реабилитация при повреждении капсульно-связочного аппарата коленного сустава (консервативное лечение): Федеральные клинические рекомендации. – М., 2015. – 39 с. [Rehabilitation for damage to the capsular-ligamentous apparatus of the knee joint (conservative treatment): Federal clinical recommendations. – M., 2015. – 39 p. In Russian].
  3. Миронов С.П. и др. Реабилитация при повреждении капсульно-связочного аппарата коленного сустава (оперативное лечение): клинические рекомендации // Вестник восстановительной медицины. – 2017. – № 4 (80). – С. 72–79. [Mironov S.P. et al. Rehabilitation for damage to the capsular-ligamentous apparatus of the knee joint (surgical treatment): clinical recommendations // Bulletin of restorative medicine. – 2017. – V. 4. – No. 80. – P. 72–79. In Russian].
  4. Хусейн М.М. и др. Влияние кинезиотейпирования на показатели стабилотрии и изокинетической динамометрии при восстановлении пациентов после реконструкции передней крестообразной связки коленного сустава // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. – 2016. – № 5 (135). – С. 241–245. [Khusein M.M. et al. The influence of kinesiotaping on stabilometry and isokinetic dynamometry indices during the recovery of patients after reconstruction of the anterior cruciate ligament of the knee joint // Scientific notes of the P.F. Lesgaft University. – 2016. – V. 5. – No. 135. – P. 241–245. In Russian].
  5. Сидоркин Д.Н. Медицинская реабилитация больных, перенесших артроскопические операции на коленном суставе, с применением лазера высокой интенсивности: автореф. дис. ... канд. мед. наук. – М., 2021. – 24 с. [Sidorkin D.N. Medical rehabilitation of patients who have undergone arthroscopic surgery on the knee joint using a high-intensity laser: PhD diss. – Moscow, 2021. – 24 p. In Russian].
  6. Круглянская Е.И. и др. Комплексная реабилитация пациентов после реконструкции передней крестообразной связки // Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. – 2016. – Т. 93. – № 2 (2). – С. 93. [Kruglyanskaya E.I. et al. Comprehensive rehabilitation of patients after reconstruction of the anterior cruciate ligament // Problems of balneology, physiotherapy, and exercise therapy. – 2016. – V. 93. – No. 2 (2). – P. 93. In Russian].
  7. Кулагин Е.С. Комплексная реабилитация пациентов при малоинвазивных вмешательствах на коленном суставе: автореф. дис. ... канд. мед. наук. – Самара, 2021. – 22 с. [Kulagin E.S. Comprehensive rehabilitation of patients with minimally invasive interventions on the knee joint: PhD diss. – 2021. – 22 p. In Russian].
  8. Федулова Д.В. и др. Физическая реабилитация спортсменов после травмы передней крестообразной связки и мениска коленного сустава с применением баланс-тренинга. Под ред. Н.М. Белокрылова. – Екатеринбург, 2022. – 124 с. [Fedulova D.V. et al. Physical rehabilitation of athletes after injury to the anterior cruciate ligament and meniscus of the knee joint using balance training. Ed. by N.M. Belokrylov. – Ekaterinburg, 2022. – 124 p. In Russian].
  9. Приходько А.Н. и др. Софт-технологии в медицинской реабилитации после реконструкции передней крестообразной связки коленного сустава // Менеджер здравоохранения. – 2023. – № 5. – С. 87–92. [Prikhodko A.N. et al. Soft technologies in medical rehabilitation after reconstruction of the anterior cruciate ligament of the knee joint // Healthcare manager. – 2023. – V. 5. – P. 87–92. In Russian].
  10. Улащик В.С. Сочетанная физиотерапия: общие сведения, взаимодействие физических факторов // Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. – 2016. – № 6. – С. 4–11. [Ulashchik V.S. Combined physiotherapy: general information, interaction of physical factors // Problems of balneology, physiotherapy, and exercise therapy. – 2016. – V. 6. – P. 4–11. In Russian].
  11. Абрамович С.Г. Физиотерапия воспаления // Курортная медицина. – 2021. – № 3. – С. 6–21. [Abramovich S.G. Physiotherapy of inflammation // Resort medicine. 2021. – V. 3. – P. 6–21. In Russian].
  12. Сысоева И.В. и др. Магнитные поля высокой интенсивности в лечении спортивных травм // Доклады Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники. – 2016. – № 7 (101). – С. 359–362. [Sysoeva I.V. et al. High-intensity magnetic fields in the treatment of sports injuries // Reports of the Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics. – 2016. – V. 7. – No. 101. – P. 359–362. In Russian].
  13. Козлов В.И. и др. Лазерная доплеровская флоуметрия в оценке состояния и расстройств микроциркуляции крови: методическое пособие. – М.: РУДН, ГНЦ лазерной медицины, 2012. – 32 с. [Kozlov V.I. et al. Laser Doppler flowmetry in assessing the condition and disorders of blood microcirculation. – M.: RUDN, 2012. – 32 p. In Russian].
  14. Глаголева Е.Н., Сидоров В.В., Подоплекина Н.Д., Файзуллина Д.Р. Оценка микроциркуляторно-тканевых систем после косметологических процедур, направленных на коррекцию возрастных изменений // Регионарное кровообращение и микроциркуляция. – 2020. – V. 19 – No. 3. – С. 25–30. [Glagoleva E.N. et al. Assessment of microcirculatory tissue systems after cosmetic procedures aimed at correcting age-related changes // Regional blood circulation and microcirculation. – 2020. – V. 19. – No. 3. – P. 25–30. In Russian].
  15. Зубкова С.А. и др. Применение ультразвука в лечении больных с отеочно-фибросклеротической панникулитопатией // Физиотерапия, бальнеология и реабилитация. – 2011. – № 6. – С. 40–43. [Zubkova S.A. et al. The use of ultrasound in the treatment of patients with edematous fibrosclerotic panniculopathy // Physiotherapy, balneology and rehabilitation. – 2011. – No. 6. – P. 40–43. In Russian].