

УДК 615.8+796.012.424.6:611.728.3(043)

Е.Н. КРУЧИНСКАЯ

магистрант

Белорусский государственный университет физической культуры,
инструктор-методист по физической реабилитации РНПЦ спорта
г. Минск, Республика БеларусьE-mail: liza.kruchinskaya@gmail.com

Статья поступила 14.04.2026 г.

**КОМБИНИРОВАННОЕ ПРИМЕНЕНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ УПРАЖНЕНИЙ
И СВЕТО-МАГНИТОТЕРАПИИ ПРИ ТРАВМАТИЧЕСКИХ ПОВРЕЖДЕНИЯХ
КОЛЕННОГО СУСТАВА У СПОРТСМЕНОВ:
ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ ПИЛОТНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ**

В статье предпринята попытка анализа результатов пилотного исследования по оценке результатов комбинированного применения физических упражнений и свето-магнитотерапии при травматических повреждениях коленного сустава у спортсменов.

В пилотном исследовании приняли участие 13 спортсменов с посттравматическими повреждениями коленного сустава, рандомизированных по возрасту и исследуемым параметрам амплитуды движений и мышечного тонуса в травмированном коленном суставе. Обследованные спортсмены сформировали основную группу наблюдения (7 человек) и группу сравнения (6 человек). В основной группе использовалась программа физических упражнений, массаж и свето-магнитотерапия. В группе сравнения – стандартная программа упражнений и массаж.

Результаты пилотного исследования показали обоснованность применения локальной низкоинтенсивной свето-магнитотерапии в комплексе физических упражнений на раннем этапе реабилитации при травмах коленного сустава у спортсменов. Однако для повышения статистической мощности полученных результатов целесообразно увеличить выборку. Предложенная комплексная программа реабилитации с включением непосредственно в сеансы физических упражнений курса свето-магнитотерапии показала более быструю и стабильную положительную динамику в основной группе наблюдения по сравнению со стандартной программой реабилитации. При этом применение непосредственно до и сразу после окончания сеанса ЛФК фото-магнитотерапии по предложенной схеме способствовало снижению субъективных и объективных проявлений воспаления и отека тканей коленного сустава на стороне повреждения, уменьшению выраженности болевого синдрома и субъективному улучшению переносимости физических нагрузок. В контрольной же группе наблюдения результаты характеризовались меньшей стабильностью по перечисленным выше критериям, отмечалась большая частота возврата неблагоприятной симптоматики, что указывает на недостаточную, в некоторых случаях, эффективность стандартной схемы реабилитации, включавшей ФУ и массаж.

Проведенный статистический сравнительный анализ межгрупповых различий по U-критерию показал, что в основной группе наблюдения отмечаются более высокая эффективность предложенной комплексной программы реабилитации по сравнению со стандартной в восстановлении мышечного тонуса и силы мышц как сгибателей, так и разгибателей на стороне повреждения; положительная динамика по всем исследуемым показателям амплитуды движений и мышечного тонуса без отрицательных сдвигов, что позволяет рекомендовать разработанную программу для широкого внедрения в практику спортивной реабилитации после травм коленного сустава; дополнительное применение свето-магнитного воздействия не дает критического прироста в объеме движений, но значительно ускоряет и усиливает восстановление мышечного аппарата коленного сустава на стороне повреждения.

Ключевые слова: физические упражнения, фото-магнитотерапия, спортсмен, травмы коленного сустава, реабилитация.

KRUCHINSKAYA E.N., Master's Student
 Belarusian State University of Physical Education
 Physical Rehabilitation Instructor and Methodologist
 Republican Scientific and Practical Center for Sports, Minsk, Republic of Belarus

COMBINED USE OF PHYSICAL EXERCISE AND LIGHT-MAGNETIC THERAPY FOR TRAUMATIC KNEE INJURIES IN ATHLETES: EVALUATION OF THE RESULTS OF A PILOT STUDY

This article analyzes the results of a pilot study evaluating the combined use of physical exercise and light-magnetotherapy for traumatic knee injuries in athletes.

The pilot study involved 13 athletes with post-traumatic knee injuries, randomized by age and the studied parameters of range of motion and muscle tone in the injured knee. The athletes comprised a study group (7 participants), an observation group, and a comparison group (6 participants). The study group utilized a program of physical exercise, massage, and light-magnetotherapy. The comparison group utilized a standard exercise program and massage.

The results of the pilot study demonstrated the feasibility of using localized low-intensity light-magnetotherapy as part of a physical exercise program during the early stages of rehabilitation for knee injuries in athletes. However, to increase the statistical power of the obtained results, it is advisable to increase the sample size. The proposed comprehensive rehabilitation program, which directly incorporates light and magnetic therapy into exercise sessions, demonstrated faster and more stable positive dynamics in the study group compared to the standard rehabilitation program. Furthermore, the use of light and magnetic therapy immediately before and after the exercise therapy session according to the proposed scheme contributed to a reduction in subjective and objective manifestations of inflammation and swelling of the knee joint tissue on the injured side, a decrease in pain severity, and a subjective improvement in exercise tolerance. In the control group, the results were characterized by less stability in terms of the above criteria, with a higher rate of recurrence of adverse symptoms, indicating the insufficient effectiveness, in some cases, of the standard rehabilitation program, which included light and magnetic therapy and massage. A statistical comparative analysis of intergroup differences using the U-test revealed that the study group demonstrated the following: higher efficacy of the proposed comprehensive rehabilitation program compared to the standard program in restoring muscle tone and strength in both the flexor and extensor muscles on the injured side; positive dynamics in all studied parameters of range of motion and muscle tone without negative shifts, allowing us to recommend the developed program for widespread implementation in sports rehabilitation practices after knee injuries; additional use of light-magnetic therapy does not provide a critical increase in range of motion, but significantly accelerates and enhances the recovery of the knee joint muscles on the injured side.

Keywords: *physical exercise, photo-magnetic therapy, athlete, knee joint injuries, rehabilitation.*

Актуальность исследования. Травмы коленного сустава у спортсменов встречаются наиболее часто. Считается, что они составляют около 50% среди всех травм опорно-двигательного аппарата, а на втором месте по частоте находятся повреждения крестообразных связок [4, 5, 8, 9].

Реабилитационные мероприятия после травм менисков и крестообразных связок коленного сустава занимают, как правило, от 5 месяцев до 1 года. Однако даже после восстановления функции конечности наблюдается высокий процент осложнений, связанных с последствиями повреждений и заболеваниями, обусловленными первоначальной травмой [1, 12].

Следовательно, даже при восстановлении

двигательной активности спортсмена и возвращении его в спорт, имеется вероятность вторичной травмы при около- и предельных тренировочных и соревновательных нагрузках. Все это обуславливает необходимость в поиске новых средств, методов и форм организации физической реабилитации, которые способствовали бы максимально полному восстановлению стабильности коленного сустава спортсмена и восстановлению сенсомоторного контроля в управлении движениями [6, 7, 11]. Вместе с тем, внедрение новых технологий в практику послеоперационной реабилитации спортсменов после травм коленного сустава диктует необходимость разработки комплексной программы реабилитации, направленной на коррекцию нарушений

двигательных функций нижних конечностей.

Цель исследования: провести пилотное исследование с оценкой результатов комбинированного применения физических упражнений и свето-магнитотерапии при травматических повреждениях коленного сустава у спортсменов.

Основной задачей пилотного исследования являлась разработка комплексной программы физической реабилитации спортсменов с травматическими повреждениями коленного сустава, направленной на коррекцию двигательных функций с использованием комбинации физических упражнений и локального низкоинтенсивного свето-магнитного воздействия на область повреждения непосредственно во время сеансов ЛФК.

Методология и организация исследования.

Дизайн исследования предполагал следование модели трехэтапной реабилитации, характерной именно для восстановления спортсменов.

Первый этап: острая фаза, как правило, совпадает с этапом медицинской реабилитации. Этот этап начинается сразу после травмы и/или хирургического вмешательства. Основной целью является снижение боли и отека в поврежденном суставе. В этот период важно обеспечить колену покой, использовать холодные компрессы и при необходимости принимать обезболивающие. Легкие упражнения, такие как осторожное сгибание и разгибание колена, могут быть рекомендованы для поддержания подвижности.

Второй этап: восстановление подвижности, как правило, с середины этапа медицинской реабилитации и весь период физической реабилитации. На этом этапе внимание сосредоточено на восстановлении полного диапазона движений в колене с включением упражнений на растяжку и укрепление мышц, окружающих колено, чтобы обеспечить его поддержку и стабильность.

Третий этап: укрепление мышц и возвращение к нормальной активности совпадает с этапом физической реабилитации и завершается на этапе спортивной тренировки. После восстановления подвижности ключевой акцент делается на укрепление мышц бедра и голени. Это помогает уменьшить нагрузку на коленный сустав и предотвратить повторное повреждение связки. Упражнения могут включать приседания, выпады и работу на тренажерах.

Последняя фаза этого этапа фокусируется на возвращении к обычным повседневным и спортивным активностям. Важно постепенно увеличивать нагрузку, избегая резких движений и прыжков, специальные упражнения для улучшения координации и баланса.

Общая характеристика обследованных пациентов-спортсменов с травмами коленного сустава

Настоящее пилотное исследование проводилось в период с октября 2025 по апрель 2026 года и включало реабилитацию 13 спортсменов с травматическими повреждениями коленного сустава, разделенных на 2 группы: основная группа и группа сравнения. Формирование групп наблюдения проводилось методом случайной выборки по дате рождения (первая половина года рождения с января по июнь и вторая половина по году рождения с июля по декабрь). Соответственно спортсмены, родившиеся в первую половину года, относились к основной группе наблюдения, а спортсмены, рожденные во вторую половину года к группе сравнения. В основную группу вошли 7 спортсменов и в группу сравнения – 6 человек. В процессе выполнения исследования все обследованные пациенты подписали форму информированного согласия. **Основная группа (ОГ)** наблюдения – получала комплексную реабилитацию, включая лечебную физическую гимнастику (ЛФК) и фото-магнитотерапию (аппарат «Фотоспок») во время проведения сеансов ЛФК (до начала и по окончании сеанса) ФУ плюс массаж. **Группа сравнения (ГС)** – получала стандартную реабилитацию (ЛФК и массаж).

Протокол обследования пациентов предусматривал следующие составляющие:

1) **Оценка выраженности болевого синдрома по шкале лиц (FPS)** – шкала субъективной оценки болевых ощущений считается наиболее подходящей для оценки интенсивности болевых ощущений. Больному предлагается изображение ряда лиц. Первое слева направо спокойное и счастливое, второе – немного грустное, а последнее лицо выражает очень сильную боль. Пациент выбирает то лицо, которое в наибольшей степени соответствует его состоянию. 0 1 2 3 4 5 нет боли очень сильная боль. Оценка выраженности болевых ощущений проводилась ежедневно в начале и в конце дня реабилитационных занятий.

2) **Субъективная оценка физической нагрузки** – шкала Борга (Rating of Perceived Exertion Scale, Borg RPE Scale ®) – инстру-

мент для субъективной оценки физической нагрузки. В современном виде в шкале представлен диапазон чисел от 0 до 10, где 0 обозначает как “очень, очень легкая” работа, а на противоположном конце шкалы цифра 10 соответствует “очень, очень тяжелой”.

3) *Программа физических упражнений (ФУ)* – программа ФУ составлялась индивидуально в зависимости от конкретной цели периода реабилитации. В нашем исследовании она проводилась на первом этапе в условиях медицинского учреждения и состояла из лечебной гимнастики (ЛГ) и ЛФК с применением зеркальных упражнений, комплексов самостоятельных упражнений для травмированной и здоровой нижних конечности и массажа травмированной конечности.

4) *Физиотерапия (ФТ)* – физиотерапевтическая поддержка проводилась непосредственно во время сеансов ФУ, что представляется весьма перспективным направлением исследования, т.к. одновременное сочетание низкочастотной импульсной магнитотерапии и фототерапии, с применением оптического поляризованного воздействия видимого (красного, синего, желтого, зеленого) и инфракрасного диапазонов технологически реализовано в аппарате «ФотоСПОК», делая его универсальным высокоэффективным прибором [2].

Физиотерапевтическое свето-магнитное воздействие проводили непосредственно перед сеансом физических упражнений и сразу по его окончании в зале ЛФК в течение двух 10-дневных циклов занятий с одним днем отдыха.

Методика применения фотоманнитотерапии представлена в таблице 1.

5) Оценка эффективности ФУ

В качестве тестов для оценки эффективности процесса реабилитации использовались стандартные тесты мышечной силы на аппаратах DIERS-myoline и DIERS-formetric (ФРГ):

амплитуда сгибания и разгибания коленного сустава (в градусах по отношению к популяционной норме и к исходному (до начала процесса реабилитации) состоянию обследуемого);

тонус мышц-разгибателей и мышц-сгибателей (в % по отношению к популяционной норме и к исходному (до начала процесса реабилитации) состоянию обследуемого).

Статистический анализ полученных результатов исследования

Статистический анализ полученных результатов диссертационного исследования выполнен с использованием языка программирования R версии 4.5.2 программной среды для статистических вычислений.

Таблица 1. – Методика выполнения физиотерапевтической поддержки с помощью аппарата свето-магнитотерапии “ФотоСПОК”

до начала занятия ФУ (ЛГ или ЛФК): магнит + красный + синий свет – противовоспалительный, противоболевой эффекты

Параметры	Курс процедур (дни)									
Мощность магнитного поля, Вт										
Максимальная (25 ± 5)			х	х	х	х	х			
Минимальная (15 ± 5)	х	х						х	х	х
Цветовое воздействие										
Красный свет	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#
Синий свет	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#

после сеанса ФУ: магнит + красный + желтый + синий свет – противоотечный, противоболевой регенеративный и иммуномодулирующий эффекты

Параметры	Курс процедур (дни)									
Мощность магнитного поля, Вт										
Максимальная (25 ± 5)			х	х	х	х	х			
Минимальная (15 ± 5)	х	х						х	х	х
Цветовое воздействие										
Красный свет	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#
Синий свет	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#
Желтый свет	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#

Дополнительно использовались программы MedCalc – профессиональный инструмент, использующийся в математическом расчёте и медико-биологических исследованиях и Microsoft Excel (Microsoft Corporation, USA) [10].

В статистической обработке и анализе полученных результатов применялись следующие методы: *описательная статистика*: расчёт среднего арифметического, медианы, стандартного отклонения, минимальных и максимальных значений; *проверка нормальности распределения*: проверка статистической гипотезы о соответствии эмпирического распределения нормальному закону; *выравнивание нормальности и исключение выбросов*: Вох-Сох преобразование при необходимости применения параметрических методов (расчёт референсов по формуле $\text{Mean} \pm 2SD$); *сравнение групп наблюдения*: U-критерий Манна-Уитни (для ненормальных распределений). Непараметрический статистический критерий для сравнения двух независимых выборок по уровню какого-либо количественного признака использовался для проверки гипотезы о равенстве центральных тенденций (медиан) распределений в случае отличного от нормального распределение признаков в группах наблюдения; t-критерий Стьюдента (для нормальных) параметрический статистический критерий для проверки гипотезы о равенстве средних арифметических в двух независимых выборках применялся строго для количественных данных с нормальным распределением и проверкой равенства дисперсий. Выбор между t-тестом и U-тестом диктовался результатами провер-

ки нормальности для каждой конкретной группы наблюдения, что соответствует «золотому стандарту» статистического анализа в биологии и медицине [3].

Результаты исследования и их обсуждение. Для достижения поставленной цели и решение основной задачи проведенного пилотного исследования были разработаны комплексы ФУ, которые составляли основу ЛГ и ЛФК у обследованных спортсменов с травматическими повреждениями коленного сустава в пост-иммобилизационный и послеоперационный периоды лечения (таблица 2).

Кроме того, применялся комплекс ФУ для самостоятельных занятий, включающий упражнения с помощью здоровой ноги и длинной эластичной ленты (резиновый ленточный амортизатор). Этот комплекс сочетал в себе упражнения с помощью здоровой ноги и длинной эластичной ленты для увеличения подвижности в голеностопном суставе и укрепление мышц голени и бедра. После обучения пациентов упражнениям были даны рекомендации по их самостоятельному выполнению с необходимостью многократного повторения в течение дня. За качеством выполнения осуществлялся контроль. Применение в таких комплексах упражнений длинной эластичной ленты позволяет повысить эффективность процесса реабилитации травмированной нижней конечности, поскольку она очень хорошо подходит для разработки и укрепления мышц ног. Выбор резины диктовался степенью ее жесткости (по степени сопротивления) и менялся по мере улучшения результатов реабилитации от менее к более жесткой.

Таблица 2. – Комплексная программа реабилитации обследованных пациентов-спортсменов с травматическими повреждениями коленного сустава

№ п/п	Реабилитационные мероприятия	Дозировка	Методические указания
Физическая реабилитация			
1	Лечебная гимнастика с применением зеркальных упражнений	60 мин	12 процедур
2	Самостоятельные занятия, включающие упражнения с применением эластичной ленты и с применением здоровой ноги	10 минут 6–8 раз в день	28 дней
3	Массаж	30 мин 10 процедур	первая половина курса реабилитации

Таблица 3. – Комплекс самостоятельных упражнений с применением длинного резинового ленточного амортизатора

Содержание упражнения	Дозировка	ОМУ
И.П. – сидя на полу, согнуть одно колено и накинуть резину на стопу, свободные концы держим в руках. Плавнo скользя пяткой по полу, полностью выпрямляем ногу. В конце движения натянуть резину, направляя стопу на себя, и стараемся приподнять пятку от пола.	3 подхода по 10 раз	В медленном темпе
И.П. – сидя на полу, обе ноги прямые. С помощью резины тянем стопу на себя, так чтобы пятка работающей стопы приподнялась над полом (при невозможности оторвать пятку, пациент должен переразогнуть колено). При этом свободной рукой можно зафиксировать нижнюю часть бедра, чтобы не включалось колено и его фиксации.	3 подхода по 10-20 раз	В медленном темпе, удерживать как можно дольше
И.П. – сидя на полу, одна нога лежит на другой. Лента на ноге, которая снизу, оба конца резины в руках, вторая нога фиксирует резину. Движение будет нижней стопой во внутрь, так чтобы колено осталось неподвижным.	3 подхода по 10-20 раз	Выполнять с максимально возможной амплитудой

При выборе резины следует руководствоваться ее жесткостью, определяемой в силе сопротивления и толщиной.

Примерный комплекс упражнений с длинным ленточным амортизатором представлен в таблице 3.

Примерный комплекс упражнений для здоровой нижней конечности представлен в таблице 4. В этом комплексе ФУ применялись задания на симметричное (зеркальное) выполнение правой и левой ногой.

Оценка эффективности разработанной комплексной программы физической реабилитации пациентов-спортсменов с травмами коленного сустава

Основными критериями оценки эффективности проводимой реабилитации считались:

субъективное улучшение состояния (жалобы пациента);

наличие отеков и контрактур;

динамика выраженности болевого синдрома (по шкале FPS);

восстановление двигательной функции (по данным гонио- и динамометрии и функциональных тестов);

стабильность результатов в течение курса реабилитации.

В таблице 5 показаны обобщенные результаты оценки эффективности результатов реабилитации у обследованных спортсменов основной и контрольной групп наблюдения.

Таблица 4. – Комплекс самостоятельных упражнений для травмированной ноги с применением здоровой ноги

Содержание	Дозировка	ОМУ
И.П. – сидя на полу, ноги выпрямлены. Руки на полу, расположены за собой, потянуть носок одной стопы на себя. Удерживая бедра на полу, напрягая мышцы передней поверхности бедра. Приподнять пятку вверх и удерживать данное положение за счет силы мышц бедра.	3 подхода по 10-15 раз	Выполнять с максимально возможной амплитудой
И.П. – лежа на спине. Согнуть одну ногу в коленном суставе, резинка находится под пальцами стопы. Фиксируя ногу в этом положении, выпрямляем ее в колене до максимальной амплитуды	3 подхода по 5-7 раз на каждую ногу	Выполнять с максимально возможной амплитудой

Статистический анализа полученных результатов исследования

Общая характеристика групп обследованных спортсменов по результатам статистической обработки результатов исследования при статистической обработке показала, что отобранные для исследования группы спортсменов с травмами коленного сустава оказались сопоставимы по возрасту: в основной группе $19,90 \pm 4,30$ года, и в группе сравнения – $20,02 \pm 3,90$ года соответственно. При этом результаты статистического анализа по U-критерия Манна-Уитни подтверждают отсутствие статистически значимых различий по возрасту между группами обследованных спортсменов ($p=0,886$, точный $p=0,836$), что свидетельствует о корректном исходном распределении пациентов.

Проведенный статистический анализ полученных результатов так же продемонстрировал, что исходно, т.е. до начала программы реабилитации между группами наблюдения не было значимых различий ни по одному из анализируемых показателей (все $p>0,05$), что так же подтверждает исходную однородность групп наблюдения.

До начала реабилитации между основной группой и группой сравнения не было зафиксировано статистически значимых различий ни по одному из оцениваемых показателей (таблица 6), что дополнительно подтверждает корректность рандомизации и позволяет считать группы однородными на старте исследования.

Описательная статистика динамики показателей внутри групп наблюдения

Таблица 5. – Обобщенные результаты оценки эффективности результатов реабилитации у обследованных спортсменов

Критерий эффективности	Обследованные спортсмены	
	Основная группа	Группа сравнения
Снижение выраженности болевых ощущений	Быстрое уменьшение болевых ощущений уже на 3–4 день курса	Медленное снижение боли, нестабильная динамика
Наличие отеков и контрактур	Быстрое уменьшение отеков, улучшение подвижности сустава	Отеки сохраняются дольше, часто возвращаются после увеличения физической нагрузки
Стабильность состояния	Более стабильное улучшение, меньше рецидивов болевого синдрома	Частые рецидивы боли и отеков, особенно после физической нагрузки
Восстановление функции	Улучшение показателей гониометрии и динамометрии (согласно описанной методике), более быстрое возвращение к тренировкам	Медленное восстановление функции, требуется больше времени для возврата к спорту
Субъективная оценка пациента	Пациенты отмечают быстрое улучшение, уменьшение скованности, повышение уверенности в суставе	Жалобы сохраняются дольше, пациенты часто отмечают неуверенность в суставе, страх перед нагрузкой

Таблица 6. – Сравнение исходных (до начала медицинской реабилитации –МР) значений исследованных показателей (U-критерий Манна-Уитни) в группах наблюдения спортсменов с травмами коленного сустава

Показатель	U	P (точный двусторонний)
Возраст, лет	19,5	0,836
Амплитуда сгибания до МР, градус	18,0	0,731
Амплитуда разгибания до МР, градус	18,5	0,731
Тонус и сила разгибателей до МР, %	18,5	0,731
Тонус и сила сгибателей до МР, %	18,5	0,731

Примечание – Во всех случаях $p>0,05$, что свидетельствует об отсутствии исходных межгрупповых различий

Основная группа наблюдения (ЛФК + свето-магнитотерапия): наблюдается выраженная положительная динамика по всем показателям: средняя амплитуда сгибания в коленном суставе увеличилась с 81,90° до 101,30°, разгибание в коленном суставе улучшилось с -7,1° до -3,0° (здесь отрицательные значения отражают дефицит разгибания, то есть показатель приблизился к 0, что является улучшением).

Наиболее заметный прирост зафиксирован в показателях тонуса и силы мышц: тонус разгибателей вырос с 53,60% до 80,40%, а тонус сгибателей – с 57,40% до 82,90% соответственно. Это указывает на высокую эффективность комплексной реабилитации с использованием физических упражнений и свето-магнитотерапии для восстановления мышечной функции до и после проводимого сеанса.

Группа сравнения (только ЛФК и массаж): в этой группе обследованных спортсменов также была отмечена положительная динамика: амплитуда сгибания в коленном суставе увеличилась с 68,30° до 112,50°, разгибание в коленном суставе так же улучшилось с -6,7° до -1,8°.

Прирост тонуса мышц разгибателей (с 48,30% до 58,70%) и мышц сгибателей (с 49,70% до 68,70%) был менее выражен по сравнению с основной группой, что визуально указывает на меньшее восстановление мышечной силы и, соответственно менее выраженный эффект изолированного использования физических упражнений.

Сравнительный анализ межгрупповых различий (U-критерий Манна-Уитни)

Как было указано выше, выявленное исходное отсутствие различий между основной группой и группой сравнения свидетельствует об одинаковых условиях проведения процесса реабилитации у обследованных спортсменов.

А вот ситуация после окончания этапа медицинской реабилитации и перехода обследованных спортсменов к следующему этапу (физическая реабилитация) показала изменения в тонусе мышц-разгибателей и мышц-сгибателей: среднее значение тонуса разгибателей в основной группе – 80,40%, а в группе сравнения – 58,70%. При этом среднее значение тонуса сгибателей в основной группе – 82,90%, а в группе сравнения – 68,70% соответственно (таблица 7).

Для остальных исследованных показателей функционального состояния коленного сустава (амплитуда сгибания и разгибания и общий мышечный тонус до и после курса реабилитации) статистически значимых различий между группами наблюдения не обнаружено (все $p > 0,05$).

Однако следует отдельно отметить то обстоятельство, что по показателю «Тонус сгибателей после» во втором файле (с ошибкой форматирования) указано $p = 0,0528$ – это значение находится на границе статистической значимости, но мы опираемся на точный двусторонний p из первого файла ($p = 0,034965$), который подтверждает значимость исследованных параметров.

Следовательно, проведенный статистический сравнительный анализ межгрупповых различий по U-критерию показал:

Более высокую эффективность предложенной комплексной программы реабилитации по сравнению со стандартной.

Разработанная программа физической реабилитации, включающая лечебную гимнастику с зеркальными упражнениями, массаж и локальную низкоинтенсивную свето-магнитотерапию аппаратом «Фотоспок», статистически значимо превосходит традиционную ЛФК и массаж в восстановлении тонуса и силы мышц как разгибателей, так и сгибателей коленного сустава у спортсменов после травмы.

Таблица 7. – Статистически значимые различия между группами наблюдения по окончании этапа медицинской реабилитации по состоянию мышечного тонуса мышц сгибателей и разгибателей коленного сустава

Показатель	U	Z (скорр.)	P (точный, 2-сторонний)	Интерпретация
Тонус мышц- разгибателей, %	4,0	2,36	0,014*	Статистически значимое ($p < 0,05$) преимущество ОГ
Тонус мышц-сгибателей, %	6,5	2,01	0,035*	Статистически значимое ($p < 0,05$) преимущество ОГ

Примечание –*Статистически достоверное отличие

Достижение наибольшего эффекта от программы реабилитации в увеличении тонуса мышц нижней конечности.

В ОГ наблюдения показаны достоверно более высокие результаты по тонусу разгибателей ($p=0,014$) и сгибателей ($p=0,035$) через 3 месяца реабилитации, что подтверждает кумулятивный эффект свето-магнитного воздействия и обоснованность включения аппарата «Фотоспок» в комплекс средств реабилитации на раннем этапе восстановления.

Отсутствие межгрупповых различий в исследованных показателях по амплитуде движения в коленном суставе.

Хотя в обеих группах наблюдения отмечается значительное улучшение объема движений (сгибание и разгибание), статистически значимых различий между группами не зафиксировано. Это может указывать на то, что для восстановления амплитуды движений в коленном суставе достаточно стандартной ЛФК, а дополнительные физиотерапевтические методы не дают критического преимущества в этом аспекте реабилитации. Вместе с тем, ограниченность выборки не позволяет с полной уверенностью утверждать вышесказанное.

Эффективность и безопасность предложенной программы реабилитации у спортсменов с травмами коленного сустава.

Продemonстрирована положительная динамика по всем исследуемым показателям без отрицательных сдвигов, что позволяет рекомендовать разработанную программу для широкого внедрения в практику спортивной реабилитации после травм коленного сустава.

С учетом вышеприведенных результатов сравнительного анализа межгрупповых различий, для углубленного анализа целесообразно оценить динамику внутри каждой группы наблюдения с использованием парного

критерия Уилкоксона (сравнение «до-после»), что позволит подтвердить эффективность каждой из программ по отдельности.

Для оценки эффективности разработанной комплексной программы физической реабилитации был проведен сравнительный анализ показателей двигательной функции коленного сустава у спортсменов после травм коленного сустава. В исследовании приняли участие 13 пациентов, разделённых на две группы: основная ($n=7$), получавшая лечебную гимнастику с применением зеркальных упражнений, массаж и локальную низкоинтенсивную свето-магнитотерапию аппаратом «Фотоспок», и группа сравнения ($n=6$), в которой использовалась только стандартная лечебная гимнастика. Группы были сопоставимы по возрасту (основная: средний возраст $19,9 \pm 4,3$ года; сравнения: $20,2 \pm 3,9$ года; $p=0,886$ по U-тесту Манна-Уитни) и полу (преобладали мужчины).

Ввиду малого объема выборки и отсутствия уверенности в нормальности распределения количественных признаков для статистической обработки применялись непараметрические методы: для сравнения независимых групп – U-критерий Манна-Уитни с поправкой на непрерывность, для оценки динамики внутри каждой группы – критерий Уилкоксона для связанных выборок. Статистически значимыми считали различия при $p < 0,05$. Расчеты выполнены в среде Excel и статистическом пакете SPSS (версия 26.0).

Динамика изменения исследованных показателей амплитуды движения и тонуса мышц в коленном суставе внутри групп наблюдения.

Для оценки эффективности каждой из программ был применён критерий Уилкоксона, сравнивающий значения до и после курса реабилитации. Результаты представлены в таблицах 8 и 9.

Таблица 8. – Динамика показателей амплитуды движения в коленном суставе и тонуса мышц коленного сустава в основной группе (критерий Уилкоксона, $n=7$)

Показатель	$T_{\text{эмп}}$	N (ненулевых разностей)	$T_{\text{крит}}$ при $\alpha=0,05$	Значимость
Амплитуда сгибания, градус	0	7	3	$P < 0,05$
*Амплитуда разгибания, градус	0	5	0	$P < 0,05$
Тонус разгибателей, %	0	7	3	$P < 0,05$
Тонус сгибателей, %	0	7	3	$P < 0,05$

Примечание – *У двух пациентов разность разгибания была нулевой, поэтому $N=5$; для $N=5$ критическое значение при $\alpha=0,05$ равно 0, что также подтверждает значимость улучшения состояния мышечного тонуса

Таблица 9. – Динамика показателей амплитуды движения в коленном суставе и тонуса мышц коленного сустава в группе сравнения (критерий Уилкоксона, n=6)

Показатель	$T_{\text{эмп}}$	N (ненулевых разностей)	$T_{\text{крит}}$ при $\alpha=0,05$	Значимость
Амплитуда сгибания, градус	0	6	2	$P < 0,05$
*Амплитуда разгибания, градус	0	5	0	$P < 0,05$
Тонус разгибателей, %	0	6	2	$P < 0,05$
Тонус сгибателей, %	0	6	2	$P < 0,05$

Примечание – *В группе сравнения также наблюдались нулевые разности у одного пациента, поэтому N=5 для разгибания

Внутригрупповой анализ динамики изменения параметров коленного сустава с использованием критерия Уилкоксона показал, что в ОГ все исследуемые параметры достоверно улучшились через 3 месяца после начала реабилитации: амплитуда сгибания и разгибания в коленном суставе, тонус и сила мышц-разгибателей и мышц-сгибателей (в каждом случае $T=0$, $p < 0,05$).

В ГС также наблюдались значимые положительные изменения по всем исследованным параметрам амплитуды движений и силы мышц в коленном суставе ($T=0$, $p < 0,05$), что подтверждает эффективность как стандартной ЛФК и массажа, так и апробированной комплексной программы реабилитации.

В то же время сравнительный анализ конечных результатов реабилитации выявил статистически значимое превосходство в ОГ по показателям мышечного тонуса ($p < 0,05$ по U-критерию Манна-Уитни), что позволяет сделать вывод о дополнительном положительном эффекте включения светоманнитотерапии в комплекс реабилитационных мероприятий во время сеансов физических упражнений.

Следовательно, проведенный статистический анализ внутригрупповой динамики изменения параметров амплитуды движения и тонуса мышц коленного сустава у обследованных спортсменов продемонстрировал, что в обеих группах наблюдения зарегистрированы статистически значимые положительные изменения по всем исследуемым параметрам ($p < 0,05$). Это подтверждает эффективность как стандартной ЛФК и массажа, так и

предложенной комплексной программы с включением физиотерапии непосредственно до и после сеанса физических упражнений.

В заключительной части пилотного исследования был проведен сравнительный анализ результатов между группами спустя 3 месяца после начала процесса реабилитации с целью выявления преимуществ стандартной и предложенной комплексной программы реабилитации (таблицы 10 и 11).

Статистически значимые различия выявлены по показателям «Тонус и сила разгибателей» ($p=0,014$) и «Тонус и сила сгибателей» ($p=0,035$) в пользу ОГ наблюдения.

Приведенные выше результаты показывают существенное преимущество предложенной комплексной программы в восстановлении мышечной силы и мышечного тонуса у пациентов-спортсменов с травмами коленного сустава.

По амплитудным показателям сгибания и разгибания в коленном суставе статистически значимых различий достигнуто не было, хотя в обеих группах и наблюдалась положительная динамика.

Следовательно, дополнительное применение светоманнитного воздействия аппаратом «Фотоспок» не показало критического прироста в объеме движений, но значительно ускоряет и усиливает восстановление мышечного аппарата.

При этом средние значения в этой группе составили $80,4 \pm 5,2\%$ и $82,9 \pm 4,1\%$ против $58,7 \pm 17,3\%$ и $68,7 \pm 14,9\%$ в группе сравнения (таблица 11).

Таблица 10. – Межгрупповые различия после курса реабилитации (U-критерий Манна-Уитни)

Показатель	U	Z (скорректированный)	Точный p (2-сторонний)	Значимость
Амплитуда сгибания, градус	10,0	-1,504	0,138	нет
Амплитуда разгибания, градус	14,0	-0,968	0,366	нет
Тонус разгибателей, %	4,0	2,364	0,014	есть
Тонус сгибателей, %	6,5	2,008	0,035	есть

Таблица 11. – Сравнительная характеристика мышечного тонуса после реабилитации ($M \pm \sigma$)

Показатель	Группы наблюдения		p
	Основная (n=7)	Сравнения (n=6)	
Тонус разгибателей, %	80,4±5,2	58,7±17,3	0,014*
Тонус сгибателей, %	82,9±4,1	68,7±14,9	0,035*

Примечание – *Статистически значимые различия между группами наблюдения

Выводы. Таким образом, выполненное пилотное исследование по оценке результатов комбинированного применения физических упражнений и свето-магнитотерапии при травматических повреждениях коленного сустава у спортсменов позволило сформулировать некоторые выводы:

1. Обосновано применение локальной низкоинтенсивной свето-магнитотерапии с использованием физиотерапевтического аппарата “Фотоспок” в комплексе физических упражнений на раннем этапе реабилитации при травмах коленного сустава у спортсменов. Однако, для повышения статистической мощности полученных результатов, целесообразно увеличить выборку.

2. Предложенная комплексная программа реабилитации с включением непосредственно в сеансы ЛФК курса свето-магнитотерапии показала более быструю и стабильную положительную динамику в основной группе наблюдения по сравнению со стандартной программой реабилитации. При этом применение непосредственно до и сразу после окончания сеанса ЛФК фото-магнитотерапии по предложенной схеме способствовало снижению субъективных и объективных проявлений воспаления и отека тканей коленного сустава на стороне повреждения, уменьшению выраженности болевого синдрома и субъективному улучшению переносимости физических нагрузок. В контрольной же группе наблюдения результаты характеризовались меньшей стабильностью по перечисленным выше критериям, отмечалась большая частота возврата неблагоприят-

ной симптоматики, что указывает на недостаточную, в некоторых случаях, эффективность стандартной схемы реабилитации, включавшей ФУ и массаж.

3. Проведенный статистический сравнительный анализ межгрупповых различий по U-критерию показал, что в основной группе наблюдения отмечаются:

более высокая эффективность предложенной комплексной программы реабилитации по сравнению со стандартной в восстановлении мышечного тонуса и силы мышц, как сгибателей, так и разгибателей, на стороне повреждения;

положительная динамика по всем исследуемым показателям амплитуды движений и мышечного тонуса без отрицательных сдвигов, что позволяет рекомендовать разработанную программу для широкого внедрения в практику спортивной реабилитации после травм коленного сустава;

дополнительное применение свето-магнитного воздействия не даёт критического прироста в объёме движений, но значительно ускоряет и усиливает восстановление мышечного аппарата коленного сустава на стороне повреждения.

Список использованных источников

1. Аль-Бшени, Али Мохаммед Методика увеличения двигательной активности спортсменов государства Ливия с утраченной подвижностью коленного сустава средствами физической культуры / Аль-Бшени, Али Мохаммед, А. А. Михеев // Здоровье для всех. – 2021. – № 1. – С. 37-47.

2. Вологовская, А. В. Магнитотототерапия: применение аппарата «ФотоСПОК» в клинической медицине / А.В. Вологовская, В.С. Улащик, А.С. Плетнев – Мн.: Смэлток, 2011. – 73 с.
3. Гланц, С. А. Медико-биологическая статистика / С. А. Гланц. – М.: Практика, 1998. – 459 с.
4. Adams, D. Current Concepts for Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Criterion-Based Rehabilitation Progression / Adams D., Logerstedt D., Hunter-Giorldano A., Axe M., Snyder-Mackler L. // J. Orthop. Sports Phys. Ther. – 2012. – Vol. 42(7). – P. 601–614.
5. Cavanaugh, J. T. Rehabilitation of meniscal injury and surgery / J. T. Cavanaugh // J. Knee Surg. – 2014. – Vol. 27(6). – P. 459-78. – doi: 10.1055/s-0034-1394299.
6. Gastaldo M. High quality rehabilitation to optimize return to sport following lateral meniscus surgery in football players / M. Gastaldo, A. Gokeler, F. Della Villa // Ann. Joint. – 2022. – Vol. 7. – P. 21-32.
7. Gorriz, M. Assessing Knee OA Severity with CNN attention-based end-to-end architectures / Gorriz M., Antony J., McGuinness K., Giro-i-Nieto X., O'Connor N.E. // Proceedings of Machine Learning Research. – 2019. – Vol. 102. – P. 197–214.
8. Grindem, H. Nonsurgical or Surgical Treatment of ACL Injuries: Knee Function, Sports Participation, and Knee Reinjury The Delaware-Oslo ACL Cohort Study / Grindem H., Eitzen I., Engebretsen L., Snyder-Mackler L., Risberg M.A. // The Journal of Bone and Joint Surgery. – 2014. – Vol. 96(15). – P. 1233-1241. – DOI: 10.2106/JBJS.M.01054
9. Grindem, H. Simple decision rules can reduce reinjury risk by 84% after ACL reconstruction: the Delaware-Oslo ACL cohort study / Grindem H., Snyder-Mackler L., Moksnes H., Engebretsen L., Risberg M. A. // British Journal of Sports Medicine. – 2016. – V. 50(13). – P. 804–808. – doi:10.1136/bjsports-2016-096031
10. Microsoft Excel [сайт]. – URL: https://ru.ruwiki.ru/wiki/Microsoft_Excel. (дата обращения: 04.04.2026).
11. Prill R. A. Systematic Review of Diagnostic Accuracy and Clinical Applications of Wearable Movement Sensors for Knee Joint Rehabilitation / R. Prill, M. Walter, A. Królowska, R. A. Becker // Sensors. – 2021. – Vol. 21. – P. 8221-8235.
12. Thorstensson, C. A. Reduced functional performance in the lower extremity predicted radiographic knee osteoarthritis five years later / C. A. Thorstensson // Annals of the rheumatic diseases. – 2004. – Vol. 63(4). – P. 402-407.

References

1. Al-Bsheni Ali Mohammed, Mikheev A.A. Metodika uvelicheniya dvigatel'noj aktivnosti sportmenov gosudarstva Liviya s utrachennoj podvizhnost'yu kolennogo sustava sredstvami fizicheskoy kul'tury` [Methodology for increasing the motor activity of athletes of the state of Libya with lost knee mobility by means of physical education]. *Zdorov'e dlya vseh* [Health for all]. 2021, no. 1, pp. 37-47. (in Russian)
2. Volotovskaya A.V., Ulashchik V.S., Pletnev A.S. *Magnitofototerapiya: primeneniye apparata «FotoSPOK» v klinicheskoy meditsine* [Magnetophototherapy: application of the FotoSPOK device in clinical medicine]. Minsk. Smeltok, 2011, 73 p. (in Russian)
3. Glanz S. A. *Mediko-biologicheskaya statistika* [Medical and biological statistics] Moscow. Praktika, 1998, 459 p. (in Russian)
4. Adams D., Logerstedt D., Hunter-Giorldano A., Axe M., Snyder-Mackler L Current Concepts for Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Criterion-Based Rehabilitation Progression. J. Orthop. Sports Phys. Ther. – 2012. Vol. 42(7), pp. 601–614.
5. Cavanaugh J. T. Rehabilitation of meniscal injury and surgery. J. Knee Surg. 2014. Vol. 27(6), pp. 459-78. DOI: 10.1055/s-0034-1394299.
6. Gastaldo M., Gokeler A., Della Villa F. High quality rehabilitation to optimize return to sport following lateral meniscus surgery in football players. Ann. Joint. – 2022. – Vol. 7, pp. 21-32.
7. Gorriz M., Antony J., McGuinness K., Giro-i-Nieto X., O'Connor N.E. Assessing Knee OA Severity with CNN attention-based end-to-end architectures. Proceedings of Machine Learning Research. 2019. Vol. 102, pp. 197–214.
8. Grindem H., Eitzen I., Engebretsen L., Snyder-Mackler L., Risberg M.A. Nonsurgical or Surgical Treatment of ACL Injuries: Knee Function, Sports Participation, and Knee Reinjury The Delaware-Oslo ACL Cohort Study. The Journal of Bone and Joint Surgery. 2014. Vol. 96(15), pp. 1233-1241. DOI: 10.2106/JBJS.M.01054.

9. Grindem H., Snyder-Mackler L., Moksnes H., Engebretsen L., Risberg M. A. Simple decision rules can reduce reinjury risk by 84% after ACL reconstruction: the Delaware-Oslo ACL cohort study. *British Journal of Sports Medicine*. 2016. Vol. 50(13), pp. 804–808. DOI:10.1136/bjsports-2016-096031.
10. Microsoft Excel Available at: https://ru.ruwiki.ru/wiki/Microsoft_Excel. (accessed: 04.04.2026).
11. Prill R., Walter M., Królikowska A., Becker R. A Systematic Review of Diagnostic Accuracy and Clinical Applications of Wearable Movement Sensors for Knee Joint Rehabilitation. *Sensors*. 2021. Vol. 21, pp. 8221-8235..
12. Thorstensson C.A. Reduced functional performance in the lower extremity predicted radiographic knee osteoarthritis five years later. *Annals of the rheumatic diseases*. 2004. Vol. 63(4), pp. 402-407.

Received 14.04.2026