

Использование инфракрасной термографии в реабилитации после пластики передней крестообразной связки

М. Н. Величко¹, А. В. Штурмин¹, А. Ю. Терсков¹, А. С. Самойлов¹, А. М. Белякова²

¹ ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А. И. Бурназяна ФМБА России

² ООО «Центр изучения систем здравоохранения»

РЕЗЮМЕ:

Цель исследования: провести аналитический обзор современных источников научной литературы, посвященных вопросам использования инфракрасной термографии в реабилитации после пластики передней крестообразной связки.

Описание материалов и методов: проведен анализ зарубежных и отечественных источников по данной теме.

Результаты: проведенный нами анализ свидетельствует о том, что при помощи метода инфракрасной термографии возможно эффективно провести количественную оценку ассимиляции нагрузки с возможностью ее оперативно регулировать, что является актуальным вопросом послеоперационного ведения пациентов после пластики передней крестообразной связки и требует дальнейшего изучения.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: инфракрасная термография, передняя крестообразная связка, послеоперационная реабилитация.

The use of infrared thermography in rehabilitation after anterior cruciate ligament surgery

M. N. Velichko¹, A. V. Shturmin¹, A. Y. Terskov¹, A. S. Samoilov¹, A. M. Belyakova²

¹ Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency

² LLC "Center for the Study of Health Systems"

SUMMARY:

The aim of the research: to conduct an analytical review of modern scientific literature on the use of infrared thermography in rehabilitation after anterior cruciate ligament surgery.

Materials and methods: an analysis of foreign and domestic sources on this topic was carried out.

Results: our analysis indicates that using the infrared thermography method it is possible to effectively quantify load assimilation with the ability to quickly regulate it, which is a pressing issue in the postoperative management of patients after anterior cruciate ligament surgery and requires further study.

KEY WORDS: infrared thermography, anterior cruciate ligament, postoperative rehabilitation.

В настоящее время имеется весьма ограниченный перечень работ, посвященных использованию термографии, в реабилитации после пластики ПКС. Между тем метод привлекателен именно количественной оценкой ассимиляции нагрузки с возможностью ее оперативно регулировать.

Самая крупная работа в указанном направлении, являющаяся докторской диссертацией [1] включала всего 25 человек. Результаты реабилитации были отслежены в течение 18 месяцев после хирургического вмешательства. Основные выводы данной работы сводились к следующему. В оперированной конечности температура повышалась в ходе короткого периода реабилитации только по задней поверхности области коленного сустава. Разница температур травмированной и не травмированной конечностей сохраняется после процесса реабилитации, особенно в задней части коленного сустава, где температура не травмированной ноги значимо выше. Температура нижних конечностей через 1.5 года после окончания реабилитации выше, чем сразу после нее. Более того, через 18 месяцев после реабилитации происходит восстановление температурной симметрии. Иными словами, через 18 месяцев после окончания реабилитации температура обеих ног стала одинаковой.

В одной публикации, посвященной проблемам термографии в практической медицине [2] была представлена эволюция термографической картины после пластики передней крестообразной связки у регбиста со дня травмы до возвращения в спорт. Уникальность этого случая, по мнению авторов, заключалась

в том, что в течение всего процесса регбист находился под пристальным наблюдением с помощью инфракрасной термографии. Перед операцией (с 12 по 94 день) испытуемый следовал прогрессивной тренировочной программе пять дней в неделю с изометрическими и концентрическими упражнениями для подготовки мышц конечностей и повышения общего физического статуса. После операции программа реабилитации включала постепенную адаптацию к увеличению количества движений и преследовала цель уменьшить воспаление, усилить мышцы, и обрести уверенность в движениях. Оценка результатов термографического контроля велась в три этапа. На первом, с момента травмы до операции наблюдали регулярные вариации разницы кожных температур между конечностями, от наибольшей (+1,20 °C на 1-й день) до наименьшей разницы (+0,08 °C на 82-й день). На втором, после операции (95-й день) авторы обнаружили уменьшение боли, в сочетании с сильной зависимостью кожной температуры в течение первых недель реабилитации от выполняемых упражнений. На третьем этапе, за несколько недель до возвращения в спорт (день 175), спортсмен снова почувствовал "хруст" в коленном суставе во время своей первой игровой тренировки. Разница температур в пользу травмированной ноги увеличилась до +1,36 °C. Боль усилилась, но, к счастью, трансплантат передней крестообразной связки поврежден полностью не был. Это позволило возобновить реабилитацию, которая завершилась на 242-й день. Авторы заключили, что результаты термографического исследования были особенно полезны в принятии решения о возврате в спорт. Они

отметили, что в виду того, что тип температурных изменений после повторной травмы сразу был отнесен к реактивному воспалению, он помог врачам оптимизировать процесс реабилитации. Кроме того, сам пациент сообщил, что термография помогла ему визуализировать эволюцию восстановления и мотивировала его продвигаться, несмотря на повторную травму.

Таким образом, усвоение тренировочной нагрузки с изучением теплового отклика на тренировку является наиболее перспективным направлением инфракрасной термографии. Если мы сможем узнать, какие упражнения и в какой степени вызывают термографический отклик, например, коленного сустава, то в сочетании с другими индикаторами нагрузки, такими как реактивный отек, субъективное болевое восприятие, компьютерная шагометрия и измерение общих реакций, например, частоты сердечных сокращений, может дать нам индивидуальный подход к построению восстановительной программы спортсмена. Другими словами, если будет известно какой термографический отклик дает та или иная реабилитационная процедура, то можно будет индивидуально подойти к коррекции реабилитационной программы.

Особый интерес в связи с вышесказанным, всегда представляла термографическая оценка воспаления в коленном суставе.

В одном из самых ранних исследований с помощью прообраза современной термографии — радиометрии, удалось продемонстрировать эффект противовоспалительного препарата, вводимого перорально. Радиометрия оказалась достаточно точным средством измерения выраженности воспаления и противовоспалительного эффекта лекарств. Она позволяла получать результат быстрее и с меньшими затратами, чем другие методы количественной оценки воспаления у человека и животных [3].

Ring E.F.J., Collins A.J. и Cosh J.A. (1970) [4] выполнили замеры физических признаков воспаления, наблюдаемых у пациентов с ревматоидным артритом и другими формами воспалительных заболеваний суставов. Они проводили измерение температуры кожи над пораженным суставом с помощью радиометрии и сравнивали результаты с некоторыми биохимическими характеристиками суставного выпота. В то время, на заре использования метода, авторы лишь предполагали, что будет возможно получить инфракрасное изображение воспаленной области, отображаемое в цвете рутинным образом [5].

Упомянутое выше исследование показало, что даже относительно примитивный метод радиометрической фиксации температуры кожи воспаленной области, делает возможным отслеживание физических и биохимических изменений в суставе.

Повышение температуры над областью сустава из-за воспалительного процесса может частично объясняться метаболическими изменениями, причем основным фактором, способствующим этому, является местное увеличение кровотока. В связи с этим, метод может применяться не только для скрининга эффективности применения противовоспалительных препаратов, но и в случаях, требующих любого иного измерения местного кровотока.

Клиницисты, изучающие ревматические заболевания, долгое время использовали температуру поверхности суставов как показатель степени синовиальной реакции. Многие термины, используемые в ревматологии, подразумевают оценку температуры в тканях суставов, а именно «острый горячий подагрический сустав», «холодный отек хронического ревматоидного артрита», так называемый «перегрев от трения» суставов при

остеоартрозе после физической нагрузки. Интересно в связи с этим понять, как соотносится температура кожи над суставом с данными внутрисуставной термометрии. В исследовании [6] замеры температуры проводились в суставах здоровых добровольцев и пациентов с артритом. Все исследования проводились в комнате со средней температурой 24 °C. Субъекты отдыхали в течение, по крайней мере, получаса до исследований. Кожу обрабатывали раствором антисептика. Игла 19 размера со шприцем с анестетиком вводилась в суставное пространство через доступ под надколенником. После местной анестезии шприц удаляли и тонкую медную термопару пропускали через иглу на глубину нескольких дюймов, чтобы она располагалась точно в суставе. Выводы свидетельствуют о том, что количество выпота, по-видимому, мало влияет на температуру сустава. Оно влияет на скорость изменения этой температуры. В целом были получены хорошие показатели корреляции ($r=0,65$) внутрисуставной температуры с температурой кожи над суставом, измеренной при помощи инфракрасной термографии. При этом следует понимать, что нормы температуры здоровых коленных суставов до сих пор не определены. Температура кожи, полученная к настоящему времени у «нормальных» субъектов, колеблется от 29,5 °C до 31,9 °C. Внутрисуставные температуры составляют от 31,4 °C до 32,8 °C. При дегенеративных заболеваниях суставов оценить степень активности воспалительного процесса тем более затруднительно. У пациентов с остеоартрозом в большинстве случаев была нормальная температура кожи над суставом, но температура внутри сустава была умеренно повышенной. В случаях хронической подагры и синдрома Рейтера температура кожи также была нормальной, хотя температура внутри суставов была определенно повышена. Данные указывают на то, что чрезвычайно трудно оценить низкую степень клинической активности воспалительного процесса в суставе. При дегенеративных заболеваниях суставов отмеченное повышение температуры суставов, по-видимому, более тесно связано с восприятием пациента и количеством жировой ткани вокруг колена, чем с клинической активностью, определяемой при внешнем осмотре. Однако медленное падение температуры кожи, наблюдаемое при длительном отдыхе у этих пациентов, означает, что локальная гипертермия скорее реальность и связана с «эффектом трения» при остеоартрозе.

Другие авторы [7] измеряли температуру области коленного сустава и получили в среднем показатель 25,83 °C в случае здоровых коленей, в то время как в случае остеоартроза средняя температура составила 28,75 °C. Эта разница почти на 2 °C намного превышает точность измерения при помощи инфракрасной термографии, что может сделать его эффективным средством надежной визуальной диагностики этого заболевания. После нагрузки наблюдается увеличение средней температуры кожи коленных суставов на 1,15 °C для группы с остеоартрозом и на 2,31 °C для группы здоровых людей. Это объясняется тем, что изначально температура поверхности колена была выше у пациентов с остеоартрозом. В течение пятиминутного отдыха указанная разница температур сохранялась.

Bhowmik с соавт. изучали с помощью термографии воспаление в коленных суставах при остеоартрозе и ревматоидном артрите [8]. Они обнаружили, что у пациентов с ревматоидным артритом наблюдалось симультанное двустороннее повышение температуры, в то время как при остеоартрозе наблюдалось повышение температуры кожи больше над одним из суставов.

Denoble с соавт. провели исследование термограмм у пациентов с остеоартрозом коленного сустава [9]. Участники были отобраны в соответствии с рентгенографическими критериями Келлгрена-Лоуренса соответствующими II–III ст. Температура колена, измеренная над надколенником, была выше для пациентов со стадией III (30,5 °C), чем для случаев II стадии (30,1 °C). Хотя результаты не были статистически значимыми, связь между температурой колена и тяжестью патологии была обнаружена, как и в предыдущем исследовании.

Еще один интересный аспект оценки воспаления в суставе, это его взаимосвязь с восприятием боли. Powite с соавт. [10] изучали взаимосвязь между болью и степенью воспаления суставов, измеренную с помощью инфракрасной термографии, у детей от 4 до 16 лет с ювенильным ревматоидным артритом. Боль оценивали с помощью визуальной аналоговой шкалы сами дети, затем их родители и, наконец, детский ревматолог сразу после физического осмотра. Была значительная корреляция между оценкой боли, определенной родителями и врачами, и температурой больного сустава, измеренной с помощью инфракрасной термографии. Hegedüs B. с соавторами оценивали терапевтический эффект лазеротерапии при остеоартрозе коленного сустава с помощью термографии [11]. Это исследование показало значительное изменение температуры кожи коленного сустава, измеренное с помощью термографии у пациентов, которые испытали облегчение боли.

Kwon Y. с соавт. сравнили обезболивающий эффект пчелиного яда с традиционной иглоукалыванием у пациентов с остеоартрозом коленного сустава [12]. Сравнение было основано на инфракрасной термометрии и снижении уровня боли. После 4 недель лечения у пациентов, получавших пчелиный яд, боль в колене и температура кожи были ниже, чем у тех, кто получал традиционное иглоукалывание.

Способность 1% раствора гиалуроновой кислоты уменьшать боль после операции на коленном суставе у пациентов с остеоартрозом исследовалась в Zazimyi с соавт. [13]. Интенсивность боли по ВАШ и температура кожи над больным суставом, измеренная с помощью термографии, показали, что 5-недельное лечение препаратами гиалуроновой кислоты улучшило переносимость операции по поводу остеоартроза. В целом, эти исследования показывают, что термография может быть эффективным методом оценки воспалительной реакции и боли в коленных суставах.

Термографическая оценка ответа конечностей на физическую нагрузку представляет особый интерес в реабилитации. Интересные результаты в данном ключе приводит Cuevas I. F. в своей докторской диссертации [14]. Температура кожи, измеренная при помощи термографии, демонстрирует специфическую реакцию на аэробные тренировки. При этом реакция сильно зависит от области исследования.

Влияние аэробных упражнений на температуру кожи суставных областей заметно отличается от реакции мышц. Температура кожи над суставами заметно увеличивается сразу после тренировки, возвращаясь к значениям покоя через 2–4 часа после окончания упражнения, и остается стабильной в течение периода восстановления.

Аэробная нагрузка вызывает изменения температуры кожи над суставами, которые могут длиться до 3 часов. Температурная динамика может быть частью количественной оценки восстановления спортсмена и индикатором ассимиляции нагрузки.

Температура кожи над суставами демонстрирует специфическую реакцию на силовые и скоростные тренировки.

Влияние силовых упражнений на температуру кожи в области суставов гораздо более умеренное, чем в мышцах, без существенных различий между финальным и исходным значениями.

В общем температура кожи над суставами сразу после упражнений при скоростных тренировках имеет тенденцию к снижению независимо от части тела (дистальной или проксимальной) и функции (главных мышц, вспомогательных или суставов).

Диагностика, лечение, восстановление и реабилитация спортсменов перенесших травмы подразумевает большие экономические затраты. К примеру, в Испанской профессиональной футбольной лиге, каждый клуб первого дивизиона тратит в среднем более 7,5 миллионов евро за сезон только на оплату в дни отпуска по болезни, без учета косвенных расходов [15]. В этом смысле, инфракрасная термография является инструментом с огромным потенциалом. С помощью термографии врачи могут получить быструю и объективную информацию о физическом состоянии спортсмена и реабилитационном потенциале [16].

Авторы [14] идут дальше, и предлагают при периодическом термографическом мониторинге спортсмена создавать тепловой профиль как для конкретного субъекта, так и спортивной дисциплины или команды в целом. Другими словами, может быть создана «карта» с нормальными тепловыми характеристиками каждой области интереса, такими как, например, передняя и задняя часть ног футболиста. Любое ненормальное повышение температуры в обеих ногах или одной конкретной области [17,18], а также длительные изменения или более интенсивно выраженные, чем обычно у спортсмена аномалии кожной температуры, могут быть связаны с реактивным воспалительным процессом [19]. Такая ситуация может возникать в результате нагрузки, превышающей ассимиляционные способности спортсмена. Также температурные аномалии могут быть связаны с неправильным течением процесса восстановления, например, недоучетом сбалансированного питания, часов отдыха или специальных физиотерапевтических процедур.

Учитывая концепцию анатомической пропорциональности, тепловой отклик между двумя контралатеральными частями тела, должен быть симметричным [20]. Тепловой мониторинг симметричных частей тела, показывает, что приемлемой разницей температур можно считать разницу до 0,25 °C [21]; 0,4 °C [22]; 0,5 °C [23,24] или 0,62 °C [25]. Разница выше этих значений может указывать на то, что регион с более высокой или более низкой температурой, может содержать источник воспалительных (гипертермия) [26,27,28,29] процессов или дегенерации (гипотермия) [30,31,32,33,34].

У спортсменов часто встречаются изменения, связанные с дегенерацией и ответной реакцией на нее, например, случаи тендинита ахиллова сухожилия у прыгунов; рецидивирующий эпикондилит у теннисистов, более известный как «теннисный локоть», или типичный бурсит плеча у пловцов. Эти поражения могут вызывать изменения температуры кожи, поэтому термография со своей особой чувствительностью к этим паттернам может помочь в мониторинге процесса их лечения [35].

Ранее была предложена шкала «уровня внимания», которой авторы [14] рекомендовали придерживаться в зависимости от зарегистрированных разностей температур коленных суставов (таблица 1).

Таблица 1
Уровень значимости повреждения тканей
в зависимости от разницы температур
между поврежденной и контрлатеральной конечностью
или по результатам измерений одной зоны в динамике

Разница температур	Уровень значимости
0.4 °C	Норма
0.5° — 0.7 °C	Требуется мониторинг
0.8° — 1.0 °C	Требуется использования стратегии предупреждения травм
1.1° — 1.5 °C	Тревога
1.6 °C	Значительное повреждение

Закключение. Травмы представляют серьезную проблему в спорте, сопряженную с высокими экономическими затратами на диагностику, лечение и восстановление. Использование инфракрасной термографии в этом контексте несет значительные преимущества, предоставляя врачам быструю и объективную информацию о состоянии спортсменов и последствиях травм. Этот метод особенно полезен в мониторинге лечения внутрисуставных поражений и может эффективно применяться в реабилитации после операций, таких как пластика передней крестообразной связки.

Список литературы / References:

- Cano S.P. Use of infrared thermography as a tool to monitor skin temperature along the recovery process of an anterior cruciate ligament surgery, International Doctorate thesis, Madrid, 2016.
- Quesada J. I. Priego (ed.). Application of Infrared Thermography in Sports Science, Biological and Medical Physics, Biomedical Engineering, DOI 10.1007/978-3-319-47410-6 Springer International Publishing AG 2017.
- Collins A. J., Ring E. F. J. Measurement of inflammation in man and animals by radiometry Pharmacology Group, School of Pharmacy, University of Bath Summary, Br. J. Pharmac. (1972), 44, 145–152.
- Ring, E. F. J. & Cosh, J. A. (1968). Skin temperature measurement by radiometry, Br. med. J., 4, 448. (Received July 20, 1971)
- Hardy, J. D. (1934). The radiation of heat from the human body. J. clin. Invest., 13, 615–620.
- Horvath Steven M., Hollander Joseph L. Intra-articular temperature as a measure of joint reaction, J Clin. Invest. 1949; 28(3):469–473. <https://doi.org/10.1172/JCI102092>
- Arfaoui A., Bouzid A. M., Pron H. Application of Infrared Thermography as a Diagnostic Tool of Knee Osteoarthritis Journal of Thermal Science and Technology, Vol.7, number 1, January 2012 PP. 227–235 DOI: 10.1299/jtst.7.227
- Bhowmik MK, Bardhan S, Das K, Bhattacharjee D, Nath S. Pain related inflammation analysis using infrared images. Proc SPIE 2016;9861:986116.
- Denoble AE, Hall N, Pieper CF, Kraus VB. Patellar skin surface temperature by thermography reflects knee osteoarthritis severity. Clin Med Insights Arthritis Musculoskelet Disord 2010;3:69–75.
- Ilowite NT, Walco GA, Pochaczewsky R. Assessment of pain in patients with juvenile rheumatoid arthritis: relation between pain intensity and degree of joint inflammation. Ann Rheum Dis 1992;51:343–6.
- Hegedűs B, Viharos L, Gervain M, Galfi M. The effect of low-level laser in knee osteoarthritis: a double-blind, randomized, placebo-controlled trial. Photomed Laser Surg 2009;27:577–84.
- Kwon Y, Kim J, Yoon J, Lee J, Han H, Mar W, et al. The analgesic efficacy of bee venom acupuncture for knee osteoarthritis: a comparative study with needle acupuncture. Am J Chin Med 2001;29:1–10.
- Zazirnyi IM, Mahomedov OM, Drobotun OV, Ievseienko VH. Effect of chondroprotectors in the treatment and prophylaxis of the knee joint osteoarthritis. Likars'ka Sprav 2000;7–8:50–2.
- Fernández-Cuevas I. 2012 Effect of endurance, speed and strength training on skin temperature measured by infrared thermography. European doctoral thesis licenciado y master en ciencias de la actividad física y del deporte madrid 2012.
- Fernández-Cuevas I, Gómez-Carmona PM, Sillero-Quintana M, Noya-Salces J, Arnaiz-Lastras J, Pastor-Barrón A. Economic costs estimation of soccer injuries in first and second spanish division professional teams. Paper presented at the 15th Annual Congress of the European College of Sport Sciences ECSS, 2010; Antalya, Turkey.
- Al-Nakhli HH, Petrofsky JS, Laymon MS, Berk LS. The use of thermal infra-red imaging to detect delayed onset muscle soreness. J Vis Exp. 2012; 22:(59). pii: 3551. <http://dx.doi.org/doi:10.3791/3551>
- Hildebrandt, C., Zeilberger, K., Ring, E. F. J., & Raschner, C. The application of medical Infrared Thermography in sports medicine. In K. R. Zaslav (Ed.), An International Perspective on Topics in Sports Medicine and Sports Injury (pp. 534): InTech, 2012
- Brisoschi MC, Macedo JF, Macedo RA. Termometria cutânea: novos conceitos. J Vas Bras. 2003; 2 (2): 151–60.
- Hildebrandt, C.; Raschner, C.; Ammer, K. An overview of recent application of medical infrared thermography in sports medicine in Austria. Sensors 2010; 10: 4700–15. <http://dx.doi.org/10.3390/s100504700>
- Brisoschi MC, Macedo JF, Macedo RA. Termometria cutânea: novos conceitos. J Vas Bras. 2003; 2 (2): 151–60.
- Verdasca R. Symmetry of temperature distribution in the upper and the lower extremities. Thermology International. 2008;18(4):154.
- Pichot C. Aplicación de la termografía en el dolor lumbar crónico. Rev. Soc. Esp. Dolor. 2001; 8 supl. 2: 43–47.
- Niu HH, Lui PW, Hu JS, Ting CK, Yin YC, Lo YL, Liu L, Lee TY. Thermal symmetry of skin temperature: normative data of normal subjects in Taiwan. Zhonghua Yi Xue Za Zhi (Taipei). 2001;64(8):459–68.
- Uematsu S. Symmetric of skin temperature comparing one side of the body to the other. Thermology. 1985; 1: 4–7.
- Feldman F, Nickoloff EL. Normal thermographic standards for the cervical spine and upper extremities. Skeletal Radiol. 1984;12(4):235–49.
- Albert S. M. Thermography in orthopedics. Ann. N. Y. Acad. Sci. 1964; 121: 157–170.
- Barber-Westin SD, Noyes FR (2011) Factors used to determine return to unrestricted sports activities after anterior cruciate ligament reconstruction. Arthroscopy 27:1697–1705. <http://dx.doi.org>
- Bernard V, Staffa E, Mornstein V, Bourek A (2013) Infrared camera assessment of skin surface temperature — effect of emissivity. Phys Med 29:583–591. doi:10.1016/j.ejpm.2012.
- Claes S, Verdonk P, Forsyth R, et al. The "ligamentization" process in anterior cruciate ligament reconstruction what happens to the human graft? a systematic review of the literature. Am J Sports Med. 2011 Nov; 39(11):2476–83. [PubMed: 21515806]
- Hildebrandt, C., Zeilberger, K., Ring, E. F. J., & Raschner, C. The application of medical Infrared Thermography in sports medicine. In K. R. Zaslav (Ed.), An International Perspective on Topics in Sports Medicine and Sports Injury (pp. 534): InTech, 2012
- Brisoschi MC, Macedo JF, Macedo RA. Termometria cutânea: novos conceitos. J Vas Bras. 2003; 2 (2): 151–60.
- Hildebrandt, C.; Raschner, C.; Ammer, K. An overview of recent application of medical infrared thermography in sports medicine in Austria. Sensors 2010; 10: 4700–15. <http://dx.doi.org/10.3390/s100504700>
- Garagiola U, Giani E. Use of telethermography in the management of sports injuries. Sports Med. 1990;10(4):267–72.
- Pichot C. Aplicación de la termografía en el dolor lumbar crónico. Rev. Soc. Esp. Dolor. 2001; 8 supl. 2: 43–47.
- Garagiola U, Giani E. Use of telethermography in the management of sports injuries. Sports Med. 1990;10(4):267–72.

Сведения об авторах

Величко М. Н., заведующий отделением спортивной травматологии и спортивной медицины¹
Штурмин А. В., врач по лечебной физкультуре отделения спортивной травматологии и спортивной медицины¹
Терсков А. Ю., к.м.н., руководитель центра спортивной травматологии и реабилитации¹
Самойлов А. С., профессор РАН, член-корреспондент РАН, д.м.н., генеральный директор¹
Белякова А. М., к.м.н., младший научный сотрудник²

¹ ФБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России

² ООО «Центр изучения систем здравоохранения»

Автор для переписки: Белякова Анна Михайловна, E-mail: md.belyakova@gmail.com

About authors

Velichko M. N., Head of the Department of Sports Traumatology and Sports Medicine¹
Shturmin A. V., Physiotherapy Physician, Department of Sports Traumatology and Sports Medicine¹
Terskov A. Y., PhD, Head of the Center for Sports Traumatology and Rehabilitation of the State Scientific Center¹
Samoilov A. S., Professor of the Russian Academy of Sciences, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Medical Sciences, General Director¹
Belyakova A. M., MD, Junior Researcher, LLC "Center for the Study of Health Systems"²

¹ Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency

² LLC "Center for the Study of Health Systems"

Corresponding author: SBelyakova A.M. E-mail: md.belyakova@gmail.com

Статья поступила / Received 11.11.2023

Получена после рецензирования / Revised 12.11.2023

Принята в печать / Accepted 20.11.2023

Для цитирования: Величко М.Н., Штурмин А.В., Терсков А.Ю., Самойлов А.С., Белякова А.М. Использование инфракрасной термографии в реабилитации после пластики передней крестообразной связки. Медицинский алфавит. 2023;(32):50–53. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2023-32-50-53>

For citation: Velichko M.N., Shturmin A.V., Terskov A.Y., Samoilov A.S., Belyakova A.M. The use of infrared thermography in rehabilitation after anterior cruciate ligament surgery. Medical alphabet. 2023;(32):50–53. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2023-32-50-53>