

Лазерная терапия домашних животных

С.В. Москвин

Ф.Н. Чеходариди



До лечения



Эозинофильные бляшки и расчёсы



Милиарный дерматит



Гиперпигментация и алопеция

С.В. Москвин, Ф.Н. Чеходариди

ЛАЗЕРНАЯ ТЕРАПИЯ ДОМАШНИХ ЖИВОТНЫХ

**Москва
2021**

УДК 615.849.19:636.09

ББК 53.54:46.7

М82

М82 Москвин С.В., Чеходариди Ф.Н. Лазерная терапия домашних животных. – М.–Тверь: ООО «Издательство «Триада», 2021. – 136 с. ISBN 978-5-94789-964-1

Лазерная терапия давно и очень успешно применяется в медицинской и ветеринарной практике, при лечении как домашних, так и сельскохозяйственных животных. Особое внимание в книге уделено методикам лазерной терапии кошек и собак с часто встречающимися и трудно поддающимися лечению заболеваниями.

Только в России имеется настоящая научно-практическая школа применения лазеров в медицине, а глубокое научное обоснование лежит в основе максимально эффективных методик лазерной терапии, которые хорошо отработаны и демонстрируют прекрасные результаты лечения.

Аппараты из комплекта «LASMIK®-VET» просты в применении и абсолютно безопасны, поэтому их могут применять владельцы домашних животных, не имеющие специального образования, самостоятельно на дому. В условиях стационара свою эффективность уже демонстрируют различные варианты внутривенного лазерного освечивания крови, в первую очередь ВЛОК-525 и ЛУФОК®. Реализовать эти методики позволяет только уникальный аппарат для лазерной терапии «ЛАЗМИК®».

Книга предназначена не только для ветеринарных врачей, но для всех, кто интересуется новыми эффективными методами лечения домашних животных.

Москвин Сергей Владимирович – доктор биологических наук, кандидат технических наук, доцент, ведущий научный сотрудник ФГБУ «Государственный научный центр лазерной медицины им. О.К. Скобелкина ФМБА России», г. Москва, автор более 600 научных публикаций, в том числе более 60 монографий, 35 авторских свидетельств и патентов; эл. почта: 7652612@mail.ru, сайт: www.lazmik.ru

Чеходариди Федор Николаевич – доктор ветеринарных наук, профессор, заведующий кафедрой ветеринарно-санитарной экспертизы, хирургии и акушерства Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Горский государственный аграрный университет» (ФГБОУ ВО «Горский ГАУ»), РСО–Алания, г. Владикавказ, автор более 500 научных публикаций, в том числе 6 монографий, 2 патентов; эл. почта: ggau.vet@mail.ru, сайт: gorskigau.com

ББК 53.54:46.7

ISBN 978-5-94789-964-1

© С.В. Москвин, Ф.Н. Чеходариди, 2021

© Макет ООО «Издательство «Триада», 2021

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

АЛТ	—	аппарат лазерный терапевтический
АФК	—	активные формы кислорода
БД	—	биологическое (биомодулирующее) действие
ВЛОК	—	внутривенное лазерное освечение крови
ИК	—	инфракрасный (диапазон, спектр)
ЛД	—	лазерный диод
ЛО	—	лазерное освечение
ЛОК	—	лазерное освечение крови
ЛТ	—	лазерная терапия
ЛУФОК®	—	лазерное ультрафиолетовое освечение крови
НИЛИ	—	низкоинтенсивное лазерное излучение
НЛОК	—	неинвазивное (надсосудистое, надвенное, чрескожное, транскутанное) лазерное освечение крови
ПМ	—	плотность мощности
РЭГ	—	реоэнцефалография
САРЗ	—	субатлантная рефлексогенная зона
СИД	—	светоизлучающий диод
ТА	—	точка акупунктуры
УФ	—	ультрафиолетовый (диапазон, спектр)
УФОК	—	ультрафиолетовое освечение крови
ЭП	—	энергетическая плотность
TRLO	—	остеотомия с выравниванием плато большеберцовой кости

ВВЕДЕНИЕ

По данным INTERFAX.RU (<https://www.interfax.ru/russia/631927>), опубликованным ко Всемирному дню животных 4 октября 2018 года, число домашних животных в России выросло на 6,3 млн, или на 14%, за три года. Домашних кошек в стране около 33,7 млн, что почти вдвое превышает численность собак – 18,9 млн. Россия занимает третье место в мире по количеству кошек и пятое место – по числу собак, питомцы есть в 55 млн российских домохозяйств (53% от их общего числа в стране), при этом у 15% опрошенных есть и кошка, и собака. В конце 2019 года ВЦИОМ сообщил о ещё более внушительных цифрах – у 68% опрошенных российских семей есть домашние животные. Мировыми лидерами в первом случае являются США и Китай – соответственно 86 и 85 млн кошек. По числу собак Россию опережают Китай (141 млн), США (78 млн), Бразилия (42 млн), Мексика (19,3 млн).

Отрадно заметить, что россияне достаточно ответственно относятся к домашним животным, в том числе в плане кормления и ветеринарного обслуживания, почти 68% владельцев собак показывают питомцев ветеринарному врачу чаще одного раза в год.

К сожалению, достаточно часто традиционные методы лечения домашних животных не только не приводят к выздоровлению, но даже могут вызвать различные осложнения, длительное течение заболевания, приводя к хронизации патологического процесса. И тогда на помощь приходят достижения современной науки и техники, среди которых одними из наиболее эффективных являются методы лазерной терапии, способные показывать высокий терапевтический результат даже в тех случаях, когда врач ощущает своё бессилие перед болезнью.

Лазерный свет малой мощности как высокоэффективное терапевтическое средство впервые стали применять в России более 50 лет назад, сегодня лазерная терапия (ЛТ) развивается благодаря усилиям в основном российских учёных и врачей, но уже находит всё более широкое распространение и признание в других странах. За несколько десятилетий у нас в стране разработаны сотни методик лечения и профилактики рецидивов различных заболеваний практически во всех областях медицины, поэтому именно наиболее эффективные методики лазерной терапии и лучшая в мире аппаратура – мы вправе гордиться этими достижениями! Лазерную терапию постепенно начинают признавать и зарубежные специалисты, предвещая её активное внедрение во все области медицины, хотя мало что понимают в методологии и механизмах [Kemper K.J., 2018].

Взятый за основу механизм терапевтического действия низкоинтенсивного лазерного излучения (НИЛИ) как термодинамический запуск Ca^{2+} -за-

висимых процессов позволил по-новому взглянуть не только на проблему повышения эффективности лазерной терапии, но и на методологические подходы к выбору тактики лечения в целом. Теперь, имея глубокую научную основу, которая в деталях описывает процессы, происходящие при поглощении низкоинтенсивного лазерного света, мы смогли разработать технологию лазерной терапии, когда строгое выполнение определённой последовательности достаточно простых манипуляций, установки исходно заданных параметров почти гарантированно обеспечивает необходимый лечебный эффект. Это позволяет профессионалам понять, как и какими характеристиками методики (длина волны, мощность и частота повторения импульсов НИЛИ, режим работы лазера, экспозиция и локализация воздействия) надо варьировать для усиления эффекта.

Живительное, буквально, или, как принято говорить в научных кругах, биомодулирующее действие (БД) НИЛИ впервые обнаружено в экспериментах на животных, которые длительное время служили прекрасным аргументом против часто высказываемых сомнений в отношении эффективности лазерной терапии. «Всё это только плацебо и ничего более, никто не проводил РКИ», – часто приходилось нам слышать от зарубежных коллег в 80-90-е годы прошлого века. Но какое внушение может быть у животных, когда луч лазера невидим и не ощущается, а они выздоравливают после того, как им провели лечение?

Братья наши меньшие внесли неоценимый вклад в развитие клинической медицины, в том числе лазерной терапии, поэтому заслуживают того, чтобы этот безопасный и высокоэффективный метод применялся в ветеринарной практике.

За 50-летний период было разработано множество лазерных терапевтических аппаратов, непрерывно происходило их совершенствование, способствующее, в свою очередь, развитию методологии лазерной терапии. Современные аппараты серии «ЛАЗМИК®» позволяют максимально эффективно реализовать практически все методики, включая различные варианты внутривенного лазерного освечивания крови (ВЛОК) и лазерную акупунктуру. Эти аппараты, как правило, применяют в стационаре, но часто необходимо работать в «полевых» условиях, например, с сельскохозяйственными животными или при выезде на дом.

Для этих целей существуют малогабаритные аппараты с автономным питанием, например, «LASMIK-VET» и «LASMIK-AP». Комплект был разработан для лечения и поддержания формы спортивных лошадей, но также позволяет максимально эффективно проводить лечение других домашних и сельскохозяйственных животных.

Основные особенности и преимущества лазерной терапии:

- высокая эффективность лечения при фактическом отсутствии противопоказаний;
- процедуры безболезненные и непродолжительные;
- значительное сокращение сроков лечения и уменьшение затрат;
- хорошие результаты лечения при тяжёлых состояниях, когда другие методы малоэффективны;
- эффективная профилактика заболеваний и лучшие результаты реабилитации животных, например, после оперативного вмешательства;
- повышение выносливости и работоспособности животных;
- снижение медикаментозной нагрузки и устранение негативных последствий на организм животного от применения лекарственных средств;
- возможность применения в ветеринарных лечебницах, в домашних и полевых условиях.

Для достижения наилучшего результата лазерную терапию лучше назначать в комплексе с традиционным лечением, включающим хорошее питание, уход и лекарственные средства. Также обращаем внимание ещё на одно важное обстоятельство. Параметры частных методик (мощность, частота, экспозиция, локализация), которые приводятся в книге, являются базовыми. Учитывая различия в индивидуальной «чувствительности» животных к лазерному воздействию, степень тяжести заболевания и некоторые другие причины, методики можно и нужно корректировать. Соответственно, необходимо пройти специализированные курсы или прослушать лекции специалистов по лазерной терапии.

Авторы надеются, что эта книга будет полезна читателям. С вопросами можно обращаться по электронной почте 7652612@mail.ru, записаться на обучение: тел. +7 (985) 765-2612, основная информация на сайте: <http://www.matrixmed.ru>.

ОБЩИЕ ВОПРОСЫ ПРИМЕНЕНИЯ ЛАЗЕРНОЙ ТЕРАПИИ

Механизмы биомодулирующего и терапевтического действия низкоинтенсивного лазерного излучения

В процессе лечебного воздействия низкоинтенсивного лазерного излучения (когерентного, монохроматического и поляризованного света) может быть условно выделено три основных этапа:

- 1) первичные эффекты (изменение состояния электронных уровней молекул живого вещества, стереохимическая перестройка молекул, локальные термодинамические сдвиги, возникновение повышенной концентрации ионов кальция в цитозоле);
- 2) вторичные эффекты (распространение волн повышенной концентрации Ca^{2+} в клетке, между клеток, стимуляция или угнетение биопроцессов на клеточном уровне, изменение функционального состояния как отдельных систем биологической клетки, так и организма в целом);
- 3) эффекты последствий (образование продуктов тканевого обмена, отклик систем иммунного, нейрогуморального и эндокринного регулирования и т. д.).

Всё это многообразие развивающихся процессов определяет широчайший спектр ответных реакций организма на лазерное воздействие. На рис. 1 представлена основная последовательность развития событий, начиная от первичного акта поглощения фотона и заканчивая эффектами на уровне целого организма. Это объясняет многие, если не все, известные явления в этой области биологии и медицины.

Ранее было показано, что начальным пусковым моментом биологического действия НИЛИ является локальное нарушение термодинамического равновесия, вызывающее высвобождение ионов кальция из внутриклеточного депо и распространение волны повышенной концентрации Ca^{2+} в цитозоле клетки, запускающей Ca^{2+} -зависимые процессы [Москвин С.В., 2003, 2008, 2014, 2016]. Затем развиваются вторичные эффекты, представляющие собой комплекс неспецифических адаптационных и компенсационных реакций, возникающих в тканях, органах и целостном живом организме, среди которых выделяют следующие: активизацию метаболизма клеток и повышение их функциональной активности, стимуляцию репаративных процессов, противовоспалительное действие, активизацию микроциркуляции крови и повышение уровня трофического обеспечения тканей, анальгезирующее и иммуномодулирующее действие,



Рис. 1. Последовательность развития биологических эффектов от воздействия НИЛИ на живой организм

рефлексогенное влияние на функциональную активность различных органов и систем.

Многочисленные исследования показывают, что НИЛИ играет роль активатора клеточных реакций, направленного на восстановление и нормализацию биоэнергетического статуса тканей организма и иммунной системы. НИЛИ повышает ферментативную и каталазную активность, проницаемость цитоплазматических мембран, способствуя ускорению метаболических и транспортных процессов в тканях. Усиление кислородного обмена способствует уменьшению гипоксии, сопровождающей процессы воспаления.

НИЛИ активизирует регенеративные процессы при патологических состояниях (травмы, хирургические манипуляции, трансплантация) за счёт изменения клеточного состава в области раны или язвы благодаря увеличению количества нейтрофилов, а также за счёт ускорения роста капилляров и накопления продуцируемого ими коллагена, от которого зависят скорость и качество эпителизации раневой или язвенной поверхности. Кроме того, происходит активизация гормональных и медиаторных звеньев адаптации-

онного механизма. Повышение неспецифического иммунитета организма после воздействия НИЛИ подтверждается повышением титра гепагглютина, гемолизинов, лизоцима, активацией нейтрофилов и интерферона, повышением синтеза иммуноглобулинов, изменением функции и структуры плазматических мембран лимфоцитов, увеличением числа бластных форм лимфоцитов.

Лазерное воздействие снижает концентрацию продуктов перекисного окисления липидов в крови, активизируя антиоксидантную систему, повышает уровень каталазы, активизирует клеточные элементы мононуклеарных фагоцитов (макрофагов), стимулирующих клеточную пролиферацию. Ускоряется восстановление морфофункционального состояния клеточных мембран эритроцитов и лимфоцитов.

В развитии ответной реакции организма значительную роль играет влияние НИЛИ на кровь, оказывающее благоприятное комплексное (системное) воздействие, обусловленное общностью гемоциркуляции. Исследования с помощью витальной микроскопии, компьютерной капилляроскопии и фоторегистрации показали увеличение количества функционирующих капилляров, ускорение кровотока и нормализацию микроциркуляции в целом.

ЛТ, проводимая перед началом оперативного вмешательства с целью профилактики инфильтрации и нагноения, улучшает местное кровообращение, обменные процессы, оксигенацию и питание тканей, что стабилизирует течение всего послеоперационного периода, снижая в несколько раз вероятность развития осложнений.

Способность НИЛИ повышать в тканях содержание нейрого르몬ов, вовлекать в процесс разнообразные специфические белки клеточных мембран, вызывающих активизацию ферментов типа аденоциклазы, аденилатциклазы, денилциклазы, фосфодиэстеразы, а также ионов кальция, изменяющих внутри- и внеклеточный метаболизм, воздействовать на чувствительные элементы межклеточных пространств приводит к нормализации местной и общей физиологической реакции, способствует сохранению или восстановлению гомеостаза и адаптации организма к стрессовым состояниям.

Аппаратура для лазерной терапии

Многообразие методик и областей применения лазерных терапевтических аппаратов предполагает максимальную универсальность применяемой аппаратуры для обеспечения наибольшей эффективности ЛТ, что, в свою очередь, обеспечивается следующими приёмами:

- воздействие НИЛИ различных длин волн;
- работа в модулированном и импульсном режимах;
- внешняя модуляция излучения (режим БИО, модуляция музыкальным ритмом и др.);

- ввод излучения в световоды (ВЛОК, полостные процедуры);
- оптимальное пространственное распределение лазерного излучения;
- достоверный и постоянный контроль параметров воздействия.

Все эти задачи позволяет успешно решать предложенная нами концепция блочного принципа построения, в соответствии с которой лазерная терапевтическая аппаратура условно разделяется на четыре совмещаемые части (рис. 2): 1 – базовый блок (чаще всего 2- и 4-канальный); 2 – лазерные излучающие головки для различных методик ЛТ; 3 – оптические и магнитные насадки; 4 – блок биоуправления «Матрикс-БИО».

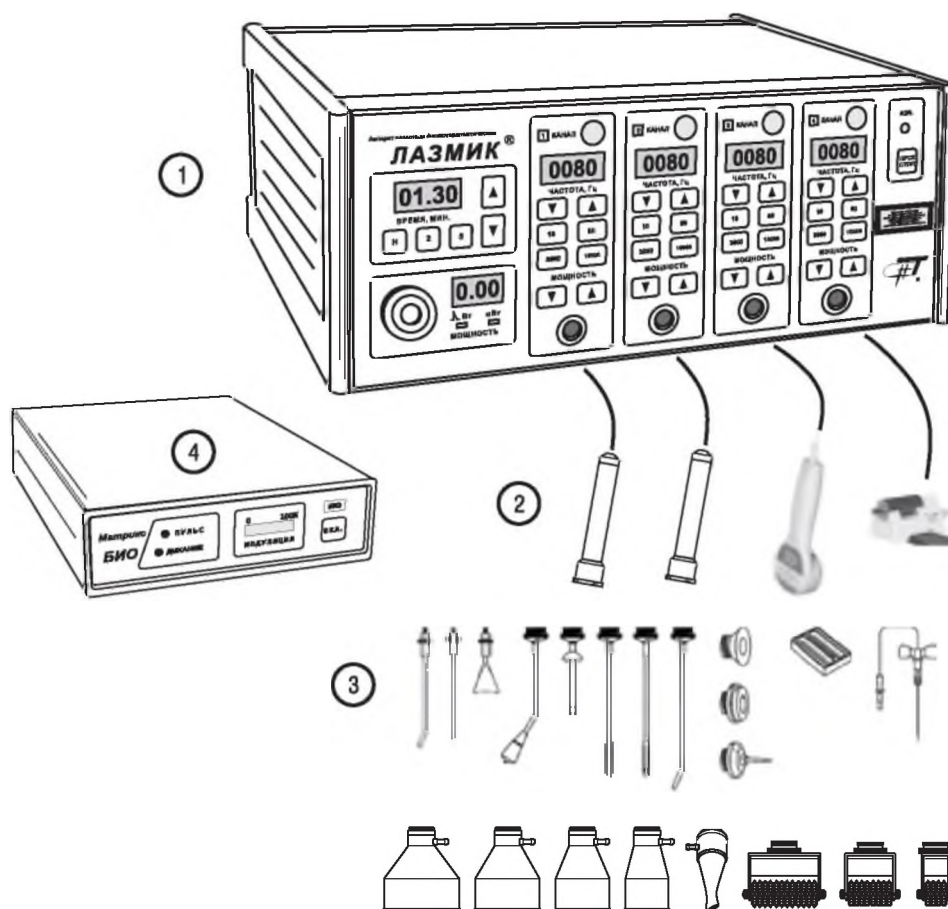


Рис. 2. Блочный принцип построения лазерной терапевтической аппаратуры на примере серий аппаратов «Матрикс» и «Лазмик»: 1 – базовый блок (чаще всего 2- и 4-канальный); 2 – лазерные излучающие головки для различных методик ЛТ; 3 – оптические и магнитные насадки; 4 – блок биоуправления «Матрикс-БИО»

Базовый блок – основа каждого комплекта – представляет собой блок питания и управления. Основные его функции – задание режимов излучения с обязательным контролем параметров: частоты, времени сеанса, мощности излучения и др.

Контроль параметров не только страхует от ошибок при выборе исходных значений, но и обеспечивает возможность варьирования режимами

воздействия в широком диапазоне, что, в свою очередь, позволяет специалистам обеспечивать оптимальные варианты лечения.

К базовым блокам подключаются лазерные излучающие головки разного типа с соответствующими насадками (магнитными и оптическими). В современных аппаратах обязательно обеспечивается возможность внешней модуляции мощности излучения головок, например, биоритмами пациента.

Аппараты лазерные терапевтические серии «Матрикс» и «Лазмик» эффективны, просты в управлении, имеют современный дизайн, позволяющий успешно их применять в самых лучших медицинских центрах. Кроме того, на их основе можно создавать специализированные высокоэффективные лазерные терапевтические комплексы, которые уже зарекомендовали себя с самой лучшей стороны. Более подробная информация об аппаратах представлена на цветной вклейке.

Особенности применения различных методик лазерной терапии

Лазерная терапия (ЛТ) – физиотерапевтический метод, в качестве лечебного фактора в котором используется электромагнитное излучение оптического диапазона – когерентный свет или низкоинтенсивное лазерное излучение (НИЛИ), генерируемое специальными источниками – лазерами. Основными свойствами лазерного света являются монохроматичность, когерентность, поляризованность и направленность, благодаря этому лазерная терапия, являясь разновидностью светового физиотерапевтического воздействия, обладает уникальными лечебными свойствами и методическими особенностями практического применения.

Монохроматичность (греч. *monos* – один, единственный + *chroma* – цвет, краска) – излучение в очень узком интервале длин волн. Условно за монохроматическое можно принимать излучение с шириной спектра менее 3 нм. Это свойство предоставляет возможность избирательного действия на компоненты структуры тканей и клеток, запуская целый каскад первичных биофизических и биохимических процессов.

Когерентность (от лат. *cohaerens* – находящийся в связи, связанный) – согласованное протекание во времени и/или пространстве нескольких колебательных волновых процессов одной частоты и поляризации.

Поляризация – симметрия в распределении ориентации вектора напряжённости электрического и магнитного полей относительно направления распространения электромагнитной волны. Если две взаимно перпендикулярные составляющие вектора напряжённости электрического поля совершают колебания с постоянной во времени разностью фаз, такая волна называется поляризованной.

Направленность – важное свойство лазерного излучения, позволяющее при необходимости получить более высокую плотность мощности (падающей энергии) по сравнению с другими источниками света.

Средние мощности физиотерапевтических лазеров чаще всего находятся в пределах 1–100 мВт, импульсные мощности от 5 до 100 Вт при длительности световых импульсов 100–130 нс ($\sim 10^{-7}$). Характер первичных фотобиологических реакций определяется энергией квантов оптического излучения, составляющей менее 2 эВ для красного и ближнего ИК-спектров; однако её достаточно для усиления колебательных процессов молекул, инициирующих многочисленные вторичные биофизические и биохимические процессы. В настоящее время всё больше научных публикаций посвящено исследованию эффективности НИЛИ ультрафиолетового и зелёного спектров с более высокой энергией квантов.

Имеющиеся многочисленные РКИ отечественных и зарубежных исследователей базируются на данных, неопровержимо доказывающих многообразные лечебные свойства НИЛИ, определяемые следующие эффектами [Москвин С.В., 2014, 2016]:

- активация микроциркуляции;
- иммуномодулирующее и противовоспалительное действие;
- обезболивание;
- активация пролиферации и регенерации тканей;
- разноплановое воздействие на нервную ткань, в т. ч. рефлекторное действие.

Лазерная терапия нашла широкое применение в клинической практике. Имеется большой фактический материал, подтверждающий эффективность различных методик лазерного воздействия в лечении пациентов с заболеваниями костно-мышечной, сердечно-сосудистой, нервной систем и заболеваниями уха, горла и носа, а также в реабилитации пациентов после травм и оперативного вмешательства. При этом существует большое расхождение в рекомендуемых параметрах НИЛИ, что затрудняет для практических врачей выбор наиболее эффективной методики. Поэтому в 2015 году группой ведущих специалистов в области лазерной терапии были подготовлены и утверждены соответствующие Клинические рекомендации, в которых сформулированы правила (протоколы) и основные принципы реализации методик лазерной терапии.

Требования протокола проведения процедур лазерной терапии

Требования к выполнению протокола обязательны, поскольку однозначно доказана необходимость задания всех параметров методики, перечисленных ниже, а даже один неправильно заданный параметр методики

не позволит получить прогнозируемый и адекватный ответ на воздействие лазерным светом, соответственно, и нужный лечебный эффект.

Выбор значений энергетических параметров существенно зависит от режима работы лазера и методики. Класс лазерной опасности по ГОСТ IEC 60825-1-2013 (IEC 60825-1:2007) у большинства российских аппаратов – 1М или 2М, тогда как аппараты иностранного производства преимущественно имеют класс лазерной опасности 3R, что значительно осложняет их эксплуатацию. Кроме того, в большинстве случаев требуются минимальные энергии НИЛИ для успешной реализации методик лазерной терапии, а увеличение мощности и экспозиции (энергии) может привести к ингибирующему эффекту.

Все методики лазерной терапии обязательно должны содержать следующую информацию (табл. 1–7).

1. Длина волны лазерного света, измеряется в нанометрах [нм] (ГОСТ 8.417-2002 «Государственная система обеспечения единства измерений. Единицы величин»). Наиболее распространённые в лазерной терапии спектральные диапазоны:

- 365–405 нм – ультрафиолетовый (УФ) спектр;

Таблица 1

**Параметры контактно-зеркальной
и дистантной методики лазерной терапии**

Параметр	Значение	Примечание
Длина волны лазерного света, нм (спектр)	445 (синий), 525 (зелёный), 635 (красный), 780, 808, 904 (ИК)	Излучающая головка с одним лазером
Режим работы лазера	Непрерывный	445, 525, 635, 780, 808 нм
	Импульсный	635 и 904 нм
Длительность светового импульса, нс	100–150	Для импульсного режима
Мощность излучения	10–40 мВт	Непрерывный режим
	5–25 Вт	Импульсный режим
Плотность мощности (больше поглощение – меньше значение)	5–40 мВт/см ²	Непрерывный режим
	5–15 Вт/см ²	Импульсный режим
Частота, Гц	80–150	Для импульсного режима
Экспозиция на 1 зону, мин	2 или 5	–
Количество зон воздействия	1–4	–
Локализация	На область поражения	–
Методика	Контактно-зеркальная	С применением зеркальной насадки (ЗН-35 или ЗН-50) или магнитной насадки ЗМ-50
Количество процедур на курс	5–12	Ежедневно или через день

Таблица 2

**Параметры контактной методики
для матричных лазерных излучающих головок**

Параметр	Значение	Примечание
Длина волны лазерного света, нм (спектр)	635 (красный)	—
	904 (ИК)	
Режим работы лазера	Импульсный	Матричный излучатель, состоящий из 8 лазерных диодов, площадь на поверхности 10 см ²
Длительность светового импульса, нс	100–150	Для импульсного режима
Мощность излучения, Вт	35–40	635 нм
	60–80	904 нм
Плотность мощности, Вт/см ²	4–5	635 нм
	8–10	904 нм
Частота, Гц	80–10 000	В зависимости от глубины предполагаемого воздействия и длины волны
Экспозиция на 1 зону, мин	1,5–2 или 5	—
Количество зон воздействия	1–4	—
Локализация	На область поражения и проекцию внутренних органов	—
Методика	Контактная	Через прозрачную насадку ПМН
Количество процедур на курс	5–12	Ежедневно или через день

Таблица 3

Параметры контактной методики лазерной терапии

Параметр	Значение	Примечание
Длина волны лазерного света, нм (спектр)	780, 808, 904 (ИК)	Излучающая головка с одним лазером
Режим работы лазера	Непрерывный	780 нм и 808 нм
	Импульсный	904 нм
Длительность светового импульса, нс	100–150	Для импульсного режима
Мощность излучения	100–200 мВт	780 и 808 нм
	80–100 Вт	904 нм
Плотность мощности	—	Максимально возможная
Частота, Гц	3000–10 000	Для импульсного режима
Экспозиция на 1 зону, мин	5	В ряде методик допускается до 30 мин
Количество зон воздействия	1–4	Чаще всего симметрично
Локализация	На область поражения	—
Методика	Контактная	Непосредственно касаясь лазерным диодом поверхности
Количество процедур на курс	15–20	Ежедневно, как правило. Курс повторяют через 1 мес.

Параметры методики лазерной акупунктуры

Параметр	Значение	Примечание
Длина волны лазерного света, нм (спектр)	525 (зелёный)	На аурикулярные ТА
	635 (красный)	На корпоральные ТА
Режим работы лазера	Непрерывный или модулированный	—
Частота, Гц	В рецепте	Только для модулированного режима
Мощность излучения*, мВт	0,5–1	525 нм
	2–3	635 нм
Экспозиция на 1 ТА, с	5–10	На аурикулярные ТА
	20–40	На корпоральные ТА
Количество зон воздействия	До 15	—
Локализация	В рецепте	На аурикулярные ТА
	В рецепте	На корпоральные ТА
Методика	Контактная	Через акупунктурную насадку
Количество процедур на курс	10–12	Ежедневно

Примечание. * – на выходе акупунктурной насадки.

- 440–445 нм – синий спектр;
- 520–525 нм – зелёный спектр;
- 635 нм – красный спектр;
- 780–785 нм – инфракрасный (ИК) спектр;
- 890–904 нм – инфракрасный (ИК) спектр.

Недопустимо светить одновременно на одну зону лазерными и/или некогерентными источниками света с разной длиной волны из-за ингибирующего взаимовлияния.

2. Режим работы лазера: непрерывный, модулированный, импульсный.
3. Мощность излучения НИЛИ.

Средняя мощность непрерывных лазеров, работающих как в непрерывном, так и модулированном режимах, измеряется в милливаттах [мВт], импульсная (пиковая) мощность импульсных лазеров измеряется в ваттах [Вт] (ГОСТ 8.417-2002).

4. Частота модуляции или частота повторения импульсов для импульсного режима – количество колебаний (импульсов) в единицу времени (секунду). Измеряется в герцах [Гц, 1/с] (ГОСТ 8.417-2002).

5. У импульсных лазеров важным параметром является длительность светового импульса – постоянная величина (чаще всего 100–150 нс). Средняя мощность импульсных лазеров ($P_{\text{ср.}}$) прямо пропорциональна импульсной мощности ($P_{\text{и.}}$), длительности импульса ($\tau_{\text{и.}}$) и частоте ($F_{\text{и.}}$): $P_{\text{ср.}} = P_{\text{и.}} \times \tau_{\text{и.}} \times F_{\text{и.}}$.

6. Площадь освечивания. Измеряется в квадратных сантиметрах [см²] (ГОСТ 8.417-2002).

Почти всегда необходимая площадь обеспечивается методикой без проведения ненужных измерений, например, при контактно-зеркальной методике площадь принимается равной 1 см². У матричных излучателей лазерные диоды должны располагаться таким образом, чтобы площадь их воздействия обеспечивала кратность по плотности мощности. Например, 8 (чаще всего) импульсных лазерных диодов мощностью 10 Вт располагаются на площади поверхности 8 см², и при контакте с кожей ПМ будет, соответственно, 10 Вт/см². При проведении лазерной акупунктуры или внутривенного лазерного освечивания крови (ВЛОК) площадь не указывается, поскольку область воздействия слишком мала и ведущую роль играют рассеяние и поглощение энергии лазерного света в объёме биотканей.

7. Плотность мощности. Измеряется в ваттах (для импульсных лазеров) или милливаттах на квадратный сантиметр [Вт/см² или мВт/см²] (ГОСТ 8.417-2002).

8. Экспозиция (время воздействия) на одну область (зону) и общее время за процедуру. Измеряется в секундах [с] или минутах [мин] (ГОСТ 8.417-2002).

9. Локализация воздействия (методика).

10. Количество процедур на курс и периодичность их проведения.

Расчёты энергии, которая измеряется в джоулях [Дж или Вт·с], или *энергетической плотности* [Дж/см² или Вт·с/см²] (ГОСТ 8.417-2002), не проводятся, поскольку в этой информации нет необходимости для обеспечения эффективной лазерной терапии.

В схему лазерной терапии целесообразно включать один из методов общего воздействия (лазеропунктура или ВЛОК) и воздействие непосредственно на область поражения (местная, чрескожная или полостная методики, а также сочетанный метод – лазерофрез).

Местное воздействие НИЛИ проводится непосредственно на поражённую область, находящуюся близко к поверхности тела, либо контактно через зеркальную насадку, либо дистантно, стабильно, на небольшом расстоянии от поверхности (1–2 см), если нет возможности обеспечить непосредственный контакт. Иногда используют сочетанный физиотерапевтический метод – магнитолазерную терапию (МЛТ), воздействуя через отверстие постоянного магнита с индукцией 35–50 мТл [Москвин С.В., 2016].

Для местного лазерного воздействия чаще всего используют:

- непрерывное НИЛИ красного спектра (635 нм), ПМ – 10–15 мВт/см²;
- импульсное НИЛИ красного спектра (635 нм), ПМ – 4–5 Вт/см², длительность импульса 100–150 нс, частота 80–10 000 Гц;
- импульсное ИК НИЛИ (890–904 нм), ПМ – 8–10 Вт/см², длительность импульса 100–150 нс, частота 80–10 000 Гц.

Частота для импульсных лазеров варьируется в зависимости от требуемого эффекта: регенерация – 80–150 Гц, обезболивание – 3000–10 000 Гц. На одну область до 2–3 локальных зон, экспозиция на каждую 2–5 мин. Воздействовать больше 5 мин на одну зону нельзя.

Местное воздействие НИЛИ на проекции поражённого органа отличается от поверхностного освечивания, поскольку используются исключительно импульсные ИК-лазеры, желательны матричные, обеспечивающие лечебный эффект на глубине до 15 см: длина волны 890–904 нм, ПМ – 8–10 Вт/см², длительность импульса 100–150 нс, частота 80–10 000 Гц. При увеличении частоты у импульсных лазеров пропорционально увеличивается и средняя мощность излучения, что позволяет воздействовать на более глубокие области. Воздействовать больше 5 мин на одну зону нельзя.

Лазеропунктура, или лазерная акупунктура, проводится посредством специальной акупунктурной насадки, предназначенной для концентрации энергии лазерного света в зоне диаметром 1–2 мм. Длина волны 635 нм (красный спектр), непрерывный или модулированный режим, мощность на выходе насадки 2–3 мВт, экспозиция на одну корпоральную точку акупунктуры 20–40 с, на аурикулярную – 5–10 с.

Лазерное освечивание крови предусматривает два варианта методики: внутривенным или неинвазивным (надвенным, наружным, чрескожным, транскутанным) способом воздействия. Соответственно, это внутривенное лазерное освечивание крови (ВЛОК) и неинвазивное (надвенное, транскутанное, чрескожное) лазерное освечивание крови (НЛОК).

Аппараты «Матрикс» и «Лазмик» (рис. 3) позволяют проводить как внутривенное, так и неинвазивное лазерное освечивание крови (ЛОК), а также применять другие способы лазерного воздействия. Максимальная эффективность лечения обусловлена в том числе оптимизацией конструкции лазерных головок, например, для ВЛОК используется специальная система фиксации одноразовых световодов и самих головок на руке (рис. 3, внизу слева), для НЛОК используются матричные излучающие головки (рис. 3, внизу справа, и рис. 4).

Для ВЛОК всегда используется НИЛИ в непрерывном режиме, воздействие проводят внутривенно через специальные одноразовые стерильные световоды с пункционной иглой (рис. 5), чаще всего в кубитальную вену (рис. 6) [Гейниц А.В., Москвин С.В., 2009; Гейниц А.В. и др., 2012].

Для реализации ВЛОК в настоящее время применяются дифференцированные методики с использованием лазерного света различного спектра (табл. 5, 6).

ВЛОК-635 (длина волны 635 нм, красный спектр, мощность 1,5–2 мВт, экспозиция 10–20 мин) обладает универсальным действием, оказывает



Рис. 3. Аппарат лазерный терапевтический «Лазмик»

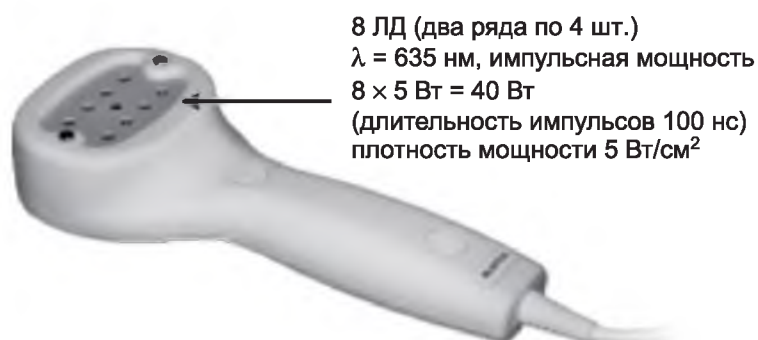


Рис. 4. Матричная лазерная излучающая головка МЛ-635-40

положительное влияние как на иммунную систему, так и на трофическое обеспечение тканей.

ВЛОК-525 (длина волны 525 нм, зелёный спектр, мощность 1,5–2 мВт, экспозиция 7–8 мин) рекомендуется для максимального усиления трофического обеспечения тканей.

Лазерное ультрафиолетовое освечивание крови (ЛУФОК®, длина волны 365–405 нм, мощность 1,5–2 мВт, экспозиция 3–5 мин) предпочтительно

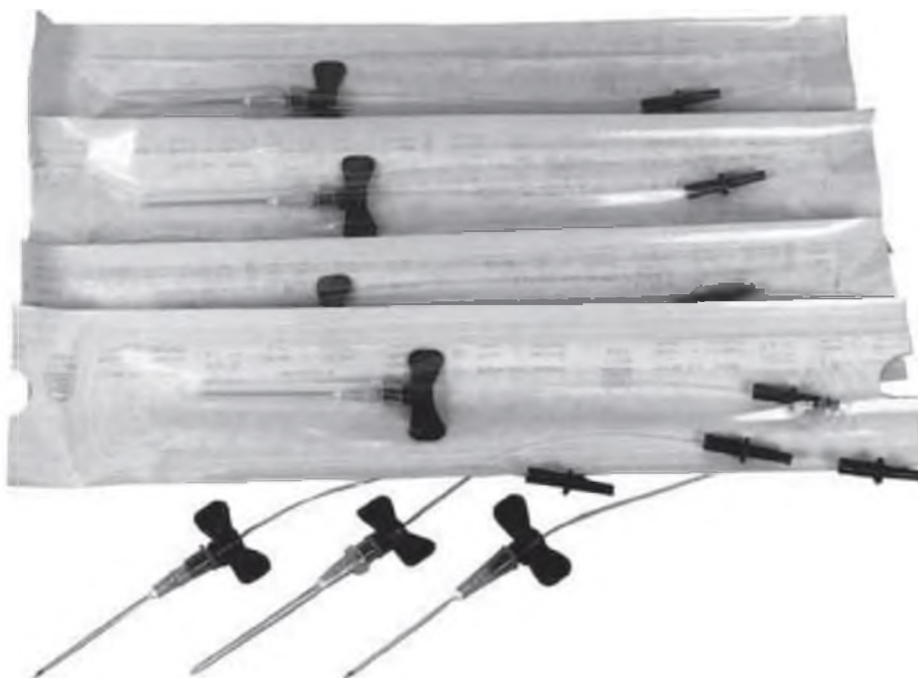


Рис. 5. Одноразовые стерильные световоды для ВЛОК

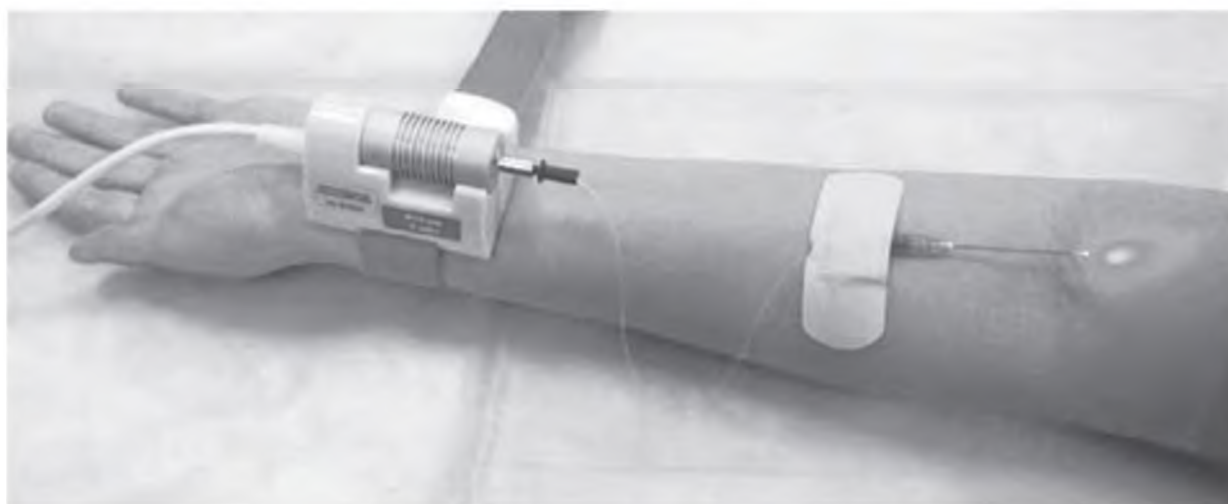


Рис. 6. Процедура проведения ВЛОК

для коррекции иммунных нарушений, возникших вследствие болезни или травмы.

Неинвазивное лазерное освечивание крови (НЛОК) проводят на крупные кровеносные сосуды, близлежащие к очагу поражения. Для НЛОК чаще всего используют импульсные лазеры, преимущественно красного (635 нм) и инфракрасного (890–904 нм) спектра и матричные (8 лазерных диодов) излучатели, либо, как вариант выбора, одиночный лазер с зеркальной насадкой (табл. 7) [Москвин С.В. и др., 2007]:

Таблица 5

Параметры методики ВЛОК-525 + ЛУФОК® (базовая)

Параметр	Значение	Примечание
Длина волны лазерного света, нм (спектр)	365–405 (УФ)	ЛУФОК®
	520–525 (зелёный)	ВЛОК-525
Режим работы лазера	Непрерывный	–
Мощность излучения*, мВт	1,5–2	На выходе одноразового световода
Экспозиция, мин	3–5	ЛУФОК®
	7–8	ВЛОК-525
Локализация	Вена локтевая срединная (<i>v. mediana cubiti</i>)	–
Методика	Внутривенно	Через одноразовый стерильный световод
Количество процедур на курс	10–12	Ежедневно, чередуя через день ВЛОК-525 и ЛУФОК®

Примечание. Здесь и в табл 6: * – на выходе одноразового световода КИВЛ-01 производства Научно-исследовательского центра «Матрикс» (ТУ 9444-005-72085060-2008).

Таблица 6

Параметры методики ВЛОК-635 + ЛУФОК® (базовая)

Параметр	Значение	Примечание
Длина волны лазерного света, нм (спектр)	365–405 (УФ)	ЛУФОК®
	635 (красный)	ВЛОК-635
Режим работы лазера	Непрерывный	–
Мощность излучения*, мВт	1,5–2	На выходе одноразового световода
Экспозиция, мин	3–5	ЛУФОК®
	10–20	ВЛОК-635
Локализация	Вена локтевая срединная (<i>v. mediana cubiti</i>)	–
Методика	Внутривенно	Через одноразовый стерильный световод
Количество процедур на курс	10–12	Ежедневно, чередуя через день ВЛОК-635 и ЛУФОК®

- импульсное НИЛИ красного спектра (635 нм), ПМ – 4–5 Вт/см², длительность импульса 100–150 нс, частота 80 Гц;
- импульсное ИК НИЛИ (890–904 нм), ПМ – 8–10 Вт/см², длительность импульса 100–150 нс, частота 80 Гц.

Для НЛОК чаще всего в клинической практике используются следующие локализации зон воздействия:

- проекция общей сонной артерии (синокаротидная зона) симметрично;
- проекция позвоночной артерии симметрично;

Параметры методики НЛОК

Параметр	Значение	Примечание
Длина волны лазерного света, нм (спектр)	635 (красный)	НЛОК-635
	904 (инфракрасный)	НЛОК-904
Режим работы лазера	Импульсный	–
Длительность светового импульса, нс	100–150	–
Мощность излучения, Вт	30–40	Матричная излучающая головка, НЛОК-635
	60–80	Матричная излучающая головка, НЛОК-904
Плотность мощности, Вт/см ² (площадь поверхности 10 см ²)	3–4	НЛОК-635
	6–8	НЛОК-904
Частота, Гц	80–150	–
Экспозиция на 1 зону, мин	2–5	–
Количество зон воздействия	2–4	Симметрично
Локализация	На проекцию крупных кровеносных сосудов, близлежащих к очагу поражения	См. в тексте
Методика	Контактная	Через прозрачную насадку ПМН
Количество процедур на курс	10–12	Ежедневно

- надключичная область слева;
- сосудистые пучки в паховой области симметрично;
- подколенная ямка симметрично.

У крупных животных освечивание НИЛИ в методике НЛОК проводится в проекцию ярёмной вены, а у мелких чаще всего – бедренной вены [Стикина Е.О., Притула Е.А., 2000].

Частота повторения импульсов фиксированная (80–150 Гц), вопрос возможности и допустимости увеличения частоты (т. е. средней мощности для импульсных лазеров) не изучен в настоящее время. Рекомендуются проводить воздействие на симметричные зоны, экспозиция на каждую 2–5 мин. Воздействовать на одну зону больше 5 мин недопустимо!

Внутриполостная методика заключается в доставке энергии лазерного света на область поражения, находящуюся в естественной полости (эндонозально, эндоаурикулярно и пр.), через специальный световодный инструмент (оптическое волокно). Особенностью методики является необходимость введения большей части энергии в волокно с последующим распределением её внутри по заданной индикатрисе, но поскольку при этом ПМ не всегда поддаётся определению, мощность излучения задаётся

на входе насадки, т. е. измеряется без неё. Для лазерного воздействия чаще всего используют:

- непрерывное НИЛИ красного спектра (635 нм), мощность 10–15 мВт;
- импульсное НИЛИ красного спектра (635 нм), мощность 4–5 Вт, длительность импульса 100–150 нс, частота 80–150 Гц;
- импульсное ИК НИЛИ (890–904 нм), мощность 15–20 Вт, длительность импульса 100–150 нс, частота 80–10 000 Гц.

Для доставки ИК НИЛИ необходимо использовать исключительно кварц-полимерное волокно, поскольку полимер (ПММА) поглощает практически всё излучение с длиной волны более 830 нм. Воздействовать больше 5 мин на одну зону нельзя.

Лазерофорез – один из наиболее современных физико-фармакологических методов сочетанного чрескожного воздействия НИЛИ и лекарственных препаратов. В результате освечивания НИЛИ области, на которую предварительно нанесено биологически активное вещество в виде геля или водного раствора, происходит активация его проникновения через кожу (поры и волосяные фолликулы). Такой чрескожный безинъекционный способ введения вещества возможен только для низкомолекулярных (не более 500 кДа) и гидрофильных соединений [Москвин С.В., Кончугова Т.В., 2012].

Параметры методики:

- непрерывное НИЛИ красного спектра (635 нм), ПМ – 10–15 мВт/см²;
- непрерывное ИК НИЛИ (780–790 нм), ПМ – 40–50 мВт/см²;
- импульсное ИК НИЛИ (890–904 нм), ПМ – 8–10 Вт/см², длительность импульса 100–150 нс, частота 80 Гц.

Частота для импульсных лазеров не меняется. На одну область до 15–20 локальных зон, экспозиция на каждую зону 1–1,5 мин, но не более 20 мин в целом.

Представленные принципы формирования методик лазерной терапии в ряде случаев могут быть скорректированы, кроме экспозиции. Варьирование временем воздействия не допускается, поскольку оно определяется физиологическими ритмами, синхронизация с которыми обязательно лежит в основе любой методики лазерной терапии. В ряде случаев возможна коррекция энергетических параметров НИЛИ, например, для обезболивания или подавления избыточной пролиферации требуется задавать предельно высокие частоты – до 10 000 Гц (рекомендация относится исключительно к импульсным лазерам с длительностью импульсов 100–200 нс и импульсной (пиковой) мощностью до 300 Вт).

Комплект аппаратов «LASMIK-VET» для ветеринарии

Изначально комплект разрабатывался для лечения, реабилитации и поддержания спортивной формы лошадей, однако возможности аппаратов значительно шире, они позволяют максимально эффективно проводить лечение других домашних и сельскохозяйственных животных.

В комплект входят два автономных лазерных терапевтических аппарата (рис. 7).



Рис. 7. Комплект аппаратов «LASMIK-VET» для ветеринарии

«LASMIK-VET»

Матричный импульсный, аналог лазерной излучающей головки МЛ-904-80 к аппаратам лазерным терапевтическим серии «Матрикс» и «Лазмик». Аппарат предназначен для местного воздействия.

Технические характеристики:

- длина волны – 904 нм;
- режим работы – импульсный;
- длительность светового импульса – 100 нс;
- мощность – 80 Вт;
- количество лазерных диодов – 8 шт.;
- частоты: 80 и 10 000 Гц;
- таймер: 0,5; 1; 2; 5 мин.

«LASMIK-AP»

Аппарат предназначен для лазерной акупунктуры и местного воздействия.

Технические характеристики:

- длина волны – 635 нм;
- мощность – 5–10 мВт;
- количество лазерных диодов – 1 шт.;
- режим работы – непрерывный;
- таймер – 30 с.

Оптические насадки

Насадка акупунктурная А-3 – 1 шт.

Насадка ПМН – 1 шт.

Зеркальная насадка ЗН-35 – 1 шт.

Зеркально-магнитная насадка ЗМ-50 – 1 шт.

Зеркально-магнитная насадка ММ-50 – 1 шт.

Дополнительно

Зарядное устройство – 1 шт.

Шнур для зарядки – 2 шт.

Книга «Лазерная терапия спортивных лошадей» (на русском и английском языках) – 1 комплект.

Книга «Лазерная терапия домашних животных» (на русском и английском языках) – 1 комплект.

Сумка – 1 шт.

Достаточно часто с комплектом приобретают аппарат лазерный терапевтический «Лазмик» с лазерными излучающими головками для внутривенного лазерного освечивания крови КЛ-ВЛОК-525-2 и КЛ-ВЛОК-365-2 для реализации наиболее эффективного варианта комбинированной методики ВЛОК-525 + ЛУФОК®.

Проводятся консультации специалистами по вопросам применения лазерной терапии в ветеринарии по эл. почте: 7652612@mail.ru

Лазерная акупунктура в ветеринарии

В этом разделе мы дополняем информацию из соответствующей главы книги, посвящённой спортивным лошадям [Москвин С.В., Ягупов Н.А., 2020; Moskvina S. V., Yagupov N. A., 2020], рекомендуем ознакомиться с имеющимся материалом. Основные точки акупунктуры (ТА) в соответствии с последней рекомендацией International Veterinary Acupuncture Association представлены в табл. 8 и на рис. 8 [Canine acupuncture points, 2020; Koh R., 2019], базовые рецепты (табл. 9) взяты из другой работы [Xie's

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Когда-то давно, на заре цивилизации, человек приручил диких животных, используя их для охоты и добычи пищи. В дальнейшем селекционная работа позволила вывести разнообразные породы с учётом специализированного назначения. Без животных человек не мог бы выжить. Теперь пришло время заботиться о них, поскольку как сельскохозяйственные, так и домашние животные, к великому сожалению, болеют. Но если в первом случае это всё-таки больше вопрос экономики, то моральные страдания и переживания за судьбу домашнего любимца являются главными мотиваторами развития ветеринарии.

Лазерная терапия оптимизирует процесс выздоровления, особенно в случаях, где применение традиционного медикаментозного лечения не позволяет добиваться положительных результатов. Это относится в большей степени к таким проявлениям заболеваний, как парезы, параличи, сердечно-сосудистая недостаточность, артриты и различные травмы. Но это далеко не полный перечень, более того, частные методики лазерной терапии, представленные в книге, лишь базовые, их можно значительно улучшить, повысить эффективность лечения и расширить области применения метода.

Именно животные становятся первыми, на ком проводят испытание новых методов лечения, оценку их безопасности и эффективности. Лазерная терапия во многом благодаря экспериментальным работам так широко распространена в клинике. Пришло время эффективные методики, разработанные для людей, применить и при лечении наших любимцев.

Мы надеемся, что эта книга и лазерные терапевтические аппараты позволят как специалистам, так и владельцам домашних животных избавить братьев наших меньших от страданий.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Технология лазерофореза LASMIK®: механизмы и опыт применения

Одной из наиболее известных¹ и эффективных методик сочетанного применения различных лечебных физических факторов² является чрескожный³ лазерофорез [А.с. 1012923; Миненков А.А., 1989].

Механизмы чрескожного лазерофореза, пути и условия проникновения биологически активных веществ, основанные на понимании строения, функции и физиологии кожи, хорошо изучены.

Проникновение веществ через кожу может проходить тремя основными путями:

- трансэпидермальный;
- межклеточный;
- дополнительный, через шунты: транспорт веществ через потовые железы и волосяные фолликулы.

Одна из основных функций кожи — защитная, следовательно, трансэпидермальное проникновение водных растворов различных веществ, т. е. в буквальном смысле напрямую через слой клеток эпидермиса, практически невозможно [Михайлов И.Н., Виноградова Е.В., 1982]. Наиболее значимым для проникновения большинства веществ, безусловно, является третий путь, поэтому исключительно важно понимать, какими свойствами должны обладать макромолекулы, чтобы иметь возможность проникнуть в кожу. Кроме этого, имеются и другие факторы, влияющие на проникновение:

- кожные специфические факторы (место и площадь аппликации; возраст человека, состояние, температура и степень гидратации кожи; интенсивность кровоснабжения и др.);
- характеристики вещества (молекулярная масса, химическое строение, конформация, степень гидрофильности);
- наличие внешних факторов (частота и вид ЭМИ, энергетические характеристики и экспозиция).

¹ Речь идёт о России, имеющей почти 200-летнюю историю развития физиотерапии и курортологии как научных направлений в медицине.

² Электромагнитные поля (ЭМИ) различной частоты, в настоящее время используется несколько десятков вариантов.

³ Имеется в виду область приложения в контексте статьи, однако лазерофорез активно используется также для интраорального, ректального или интравагинального введения лекарств.

Если трансэпидермальный путь через межклеточные пространства практически невозможен, то с придатками кожи ситуация совершенно иная. Проток потовой железы (ПЖ) имеет дермальную и эпидермальную части, открывается на вершине гребешков кожи, диаметр поры составляет 60–80 мкм, а просветов – 14–16 мкм [Цветкова Г.М., 1999]. Плотность расположения ПЖ в зависимости от локализации и национальной принадлежности человека, по данным разных авторов, колеблется от 64 до 431 на 1 см², больше всего на лице – до 174 на 1 см² и ладонях – до 424–431 на 1 см², а общее количество составляет от 2 до 5 млн. При том что общая площадь просветов выводных протоков меньше 1% поверхности кожи (57–94 см²), секреторная поверхность всех ПЖ имеет площадь до 5 м², т. е. в 3 раза превышает общую площадь эпидермиса. Толщина слоя кожи, в котором размещены клубочки потовых желёз, составляет 1,3–3,12 мм, а весь объём данного слоя равен 3200 см³ [Калантаевская К.А., 1972; Куно Яс, 1961; Cage G.W., Dobson R.L., 1965; Gordon R.S., Jr., Cage G.W., 1966; Montagna W., 1962].

На различных участках кожи плотность волосяных фолликул в зависимости от возраста, пола, цвета волос, национальности и пр., по данным разных авторов, колеблется в широких пределах, от 60 ± 40 на коже мошонки, до 830 ± 100 на щеках у мужчин. Число видимых волос значительно меньше, или они полностью отсутствуют в некоторых частях тела (ладони, ступни и пр.) [Калантаевская К.А., 1972; Человек. Медико-биологические данные..., 1977; Szabo G., 1967].

Итак, мы видим, что на теле человека на 1 см² поверхности имеется более 1000 потенциальных «входов» для макромолекул значительных размеров, и этого вполне достаточно для проникновения необходимого количества вещества. Далее процесс происходит более активно за счёт увеличения площади соприкосновения с железистыми и эпителиальными клетками. Притом факт проникновения молекул через устье вовсе не означает автоматически их дальнейшего продвижения, поскольку необходимо пройти через клетки желёз и/или эпителия.

Хорошо известен механизм, позволяющий это осуществить, который называется транцитоз (пиноцитоз), – процесс, объединяющий признаки экзо- и эндоцитоза. На одной поверхности клетки формируется эндоцитозный пузырь (эндосома), который переносится к противоположному краю клетки, становится экзоцитозным пузырьком, выделяя своё содержимое во внеклеточное пространство. Весь процесс (полное прохождение вещества) занимает не более 1 мин. Данный механизм известен как основной, обеспечивающий поглощение клетками мелких капель воды, белков, гликопротеинов и макромолекул с максимальным размером до 1000 нм (1 мкм) и работу эндокринных желёз [Глебов Р.Н., 1987; Tammi R. et al., 1991]. За это откры-

тие Нобелевскую премию в области физиологии и медицины в 2013 году получили James E. Rothman, Randy W. Schekman и Thomas C. Südhof [The Nobel Prize in Physiology or Medicine 2013. <https://www.nobelprize.org/prizes/medicine/2013/summary/>].

Следовательно, для реализации лазерофореза вещество должно быть гидрофильным и иметь размеры составляющих его фрагментов до 1 мкм. Понятно, что никаких проблем не должно возникнуть (и не возникает) в случае лазерофореза водных растворов низкомолекулярных соединений, которые в основном и используются в медицине [Миненков А.А., 1989]. Иная ситуация с гиалуроновой кислотой (ГК), которая в естественном состоянии склонна к образованию длинных нитей размером, например, в хряще от 450 нм (0,45 мкм) до 4200 нм (4,2 мкм). Однако в водном растворе та же самая молекула ГК (1000 кДа), имеющая в растянутом состоянии длину 2500 нм (2,5 мкм), образует сферу диаметром всего 200 нм [White A. et al., 1973].

Известно, что первичным (основным) механизмом биомодулирующего действия (БД) низкоинтенсивного лазерного излучения (НИЛИ) является термодинамический запуск Ca^{2+} -зависимых процессов. При поглощении НИЛИ происходит локальное кратковременное нарушение термодинамического равновесия, вследствие чего из внутриклеточного депо высвобождаются Ca^{2+} , которые затем распространяются в виде волн по клетке, инициируя активацию Ca^{2+} -зависимых процессов [Москвин С.В., 2008], которыми, в частности, являются эндо- и экзоцитоз [Глебов Р.Н., 1987; Carafoli E. et al., 2001; Plattner H. et al., 1997]. Таким образом, высвобождение Ca^{2+} под воздействием НИЛИ приводит к активации транскитоza в целом – этот процесс и является ведущим в механизме лазерофореза.

Что самое важное, лазерофорез не только самый простой в реализации и экономически целесообразный метод, но и наиболее эффективный. На рис. 11 приводится сравнение эффективности влияния различных физических факторов на проникновение через мембрану клетки карбохромена, демонстрируя безусловные преимущества лазерофореза [Миненков А.А., 1989].

Итак, мы хорошо понимаем механизмы лазерофореза, но крайне важным является вопрос, молекулы ГК с какой молекулярной массой (ММ) можно ввести чрескожно, и с каким результатом.

Показано, что у женщин с возрастом концентрация ГК в коже снижается, особенно значителен этот процесс после 60 лет [Ghersetich I. et al., 1994]. Кожа сильно обезвоживается, увеличивается ломкость кровеносных сосудов, появляются новые и углубляются старые морщины, уменьшается толщина и тургор кожи. Предположительно это связано, в том числе, и с дефицитом ГК, что служит обоснованием введения ГК в кожу.



Рис. 11. Действие различных физических факторов на форетическую подвижность карбохромена в различных физических полях (экспозиция 5 мин): 1 – излучение гелий-неонового лазера ($\lambda = 633$ нм, 20 мВт); 2 – коротковолновое ультрафиолетовое излучение (254 нм, мощность лампы 220 Вт); 3 – ультразвук (0,88 МГц, 0,6 Вт/см²); 4 – ЭМИ 460 МГц, 2 Вт; 5 – ЭМИ 40,7 МГц, 15 Вт; 6 – переменное магнитное поле (50 Гц, 35 мТл); 7 – постоянное магнитное поле (30 мТл); 8 – постоянный электрический ток (электрофорез) (Миненков А.А., 1989; Москвин С.В., Миненков А.А., 2012)

Известно, что для внутрикожных инъекций применяют высокомолекулярную ГК (более 2000–6000 кДа), с другой стороны, непосредственно через кожу может проходить ГК с молекулярной массой до 600 кДа [Tammi R. et al., 1988, Tammi R. et al., 1991]. Исследования М. Farwick et al. (2008) показали, что ГК не просто обладает полезными для кожи свойствами, но эти свойства могут контролироваться за счёт применения ГК различной ММ. Так, низкомолекулярная ГК (50 кДа) лучше транспортируется через кожный покров, нежели чем ГК с высокой ММ (800 кДа), а также активирует большее количество генов кератиноцитов, включая гены, отвечающие за дифференцировку кератиноцитов и формирование комплексов межклеточных контактов, количество которых снижается в фотоповреждённой и стареющей коже. Увлажняющий эффект и повышение эластичности кожи в большей мере свойственны ГК с высокой ММ, тогда как разглаживающий эффект продемонстрировала ГК с низкой ММ. Увеличение активности при снижении молекулярного веса ГК авторы объясняют лучшими проникающими способностями трансэпидермального проникновения для молекул ГК меньшего размера.

В технологии LASMIK® применяется специально разработанная нами ГК (2% гиалуронат натрия) с молекулярной массой 250–750 кДа. Микс из ГК разной ММ позволяет как получить быстрый видимый результат в виде разглаживания мелких морщин, так и обеспечить долговременный эффект,

сохраняющийся до 1–3 мес. [Москвин С.В. и др., 2010; Рязанова Е.А., 2007]. Об этом далее.

Лазерофорез, в том числе препаратов на основе ГК, давно и успешно применяется в медицине (табл. 14), но именно косметология и дерматология являются основными областями применения методики [Гейниц А.В., Москвин С.В., 2010; Москвин С.В., Кончугова Т.В., 2012].

Таблица 14

Области применения лазерофореза

Область применения	Ссылка
Андрология и урология	Москвин С.В., Силуянов К.А., 2018; Иванченко Л.П. и др., 2009
Гинекология	Фёдорова Т.А. и др., 2009; Хадарцев А.А. и др., 2013, 2016
Дерматология и косметология	Гейниц А.В., Москвин С.В., 2010; Круглова Л.С., 2012; Москвин С.В., 2003; Мухина Е.С. и др., 2013; Рязанова Е.А., 2007; Рязанова Е.А., Хадарцев А.А., 2006
Заболевания опорно-двигательного аппарата	Беляева Е.А. и др., 2017, 2019
Кардиология (артериальная гипертензия)	Горячева А.А., 2008
Неврология	Кочетков А.В., Москвин С.В., 2004; Кочетков А.В. и др., 2012; Фадеева Р.С., 2010
Оториноларингология (синусит, тонзиллит)	Антипенко В.В., 2009; Хрыкова А.Г., 2007; Хрыкова А.Г. и др., 2012
Педиатрия	Москвин С.В. и др., 2010; Хрыкова А.Г., 2007
Спортивная медицина	Бехтерева Т.Д. и др., 2004; Хадарцев А.А., 2012; Хадарцев А.А. и др., 2016
Стоматология (ВНЧС, стоматит, пародонтит)	Амирханян А.Н., Москвин С.В., 2008; Болатова Л.Х., 2010; Васильева Е.В., 2002; Жданов Е.В., 2004; Митрофанов И.В., 2006; Прикулс В.Ф., 2001, 2009; Прикулс В.Ф. и др., 2008; Хохлова Ж.В., 2007
Хирургия	Асхадулин Е.В. и др., 2018; Герасименко М.Ю. и др., 2008; Рак А.В., 2013
Эндокринология	Андреева Ю.В. и др., 2012

Таким образом, понимание механизмов лазерофореза и БД НИЛИ на клеточном и тканевом уровнях, а также многолетний опыт тысяч специалистов позволяют уверенно формулировать основные требования к веществам и параметрам методики лазерного освечивания, обеспечивающим наиболее эффективную реализацию лазерофореза LASMIK® [Москвин С.В., Хадарцев А.А., 2016; Хадарцев А.А. и др., 2016].

1. Проникновение вещества в кожу происходит через потовые железы и волосяные фолликулы посредством трансцитоза. Поскольку

транскитоз является Ca^{2+} -зависимым процессом и в основе механизма БД НИЛИ также лежит их активация [Москвин С.В., 2008, 2014], то лазерофорез обосновано является наиболее эффективным способом усиления трансдермального транспорта, который возможен только для гидрофильных молекул с ММ до 750 кДа.

2. Концентрация активного вещества в водном растворе не должна превышать 2–3%, поскольку для его проникновения необходимо большое количество молекул воды.
3. Оптимальные длины волн (проверенные нами): 405, 525, 780 и 904 нм. У каждой длины волны имеются свои положительные качества, выделить наиболее оптимальную достаточно сложно.
4. Оптимальная плотность мощности составляет 20–50 мВт/см² для непрерывного режима и зависит от длины волны. Чаще используется непрерывный режим работы лазера, однако модуляция частотой 10 Гц значительно повышает эффективность методики. Можно использовать и импульсные лазеры, частота 80 Гц, плотность мощности 8–10 Вт/см².
5. Светить на область нанесения вещества не более 1 мин, при этом необходимо помнить о том, что общее время процедуры лазерного освечивания не должно превышать 20 мин.
6. Необходимо провести не менее 5 процедур лазерофореза ежедневно или через день.

В заключение обращаем особое внимание на то, что для лазерофореза LASMIK[®] необходимо использовать только *лазеры* и в соответствии с известными всем (в России) правилами проведения процедур лазерной терапии [Moskvin S.V., 2017, 2017⁽¹⁾]. К сожалению, приходилось неоднократно сталкиваться с дискредитацией методики, когда использовали некогерентные источники света и/или недопустимые параметры освечивания.

337. *Ogata M.* Clinical applications of laser therapy in dogs and cats // *Journal of Veterinary Medicine*. – 1990. – Vol. 43. – P. 239–242.
338. *Olivieri L., Cavina D., Radicchi G. et al.* Efficacy of low-level laser therapy on hair regrowth in dogs with noninflammatory alopecia: a pilot study // *Vet Dermatol*. – 2015. – Vol. 26 (1). – P. 35–39, e11. doi: 10.1111/vde.12170.
339. *Olivry T., DeBoer D.J., Favrot C. et al.* International Committee on Allergic Diseases of Animals // *BMC Vet Res*. – 2015. – Vol. 11. – P. 210. doi: 10.1186/s12917-015-0514-6.
340. *Oron U., Yaakobi T., Oron A. et al.* Attenuation of infarct size in rats and dogs after myocardial infarction by low-energy laser irradiation // *Lasers in Surgery and Medicine*. – 2001. – Vol. 28 (3). – P. 204–211.
341. *Oron U., Yaakobi T., Oron A. et al.* Cardioprotective effect of low energy laser irradiation is associated with enhanced ATP production in infarcted heart of rats and dogs // *Journal of Molecular and Cellular Cardiology*. – 2001⁽²⁾. – Vol. 33 (6). – P. A173. doi: 10.1016/s0022-2828(01)90666-2.
342. *Oron U., Yaakobi T., Oron A. et al.* Low energy laser irradiation reduces formation of scar tissue following myocardial infarction in dogs // *Circulation*. – 2001⁽¹⁾. – Vol. 103. – P. 296–301. doi: 10.1161/01.CIR.103.2.296.
343. *Paterniani V., Grolli S.* Approach and potentiality of low level laser therapy in veterinary medicine // *Proceedings SPIE. Volume 10582, Laser Florence 2017: Advances in Laser Medicine*; 1058205. – 2018. doi: 10.1117/12.2315401.
344. *Perego R., Proverbio D., Zuccaro A.* First experience with photobiomodulation (PBM) in post-surgical wound healing in dogs // *J Vet Clin Pract Pet Care*. – 2016. – Vol. 1. – P. 105. doi: 10.17303/jvcpc.2016.105.
345. *Perego R., Proverbio D., Zuccaro A., Spada E.* Low-level laser therapy: Case-control study in dogs with sterile pyogranulomatous pododermatitis // *Veterinary World*. – 2016⁽¹⁾. – Vol. 9 (8). – P. 882–887. doi: 10.14202/vetworld.2016.882-887.
346. *Piao D., Sypniewski L.A., Dugat D. et al.* Transcutaneous transmission of photobiomodulation light to the spinal canal of dog as measured from cadaver dogs using a multi-channel intra-spinal probe // *Lasers in Medical Science*. – 2019. – Vol. 34 (8). – P. 1645–1654. doi: 10.1007/s10103-019-02761-0.
347. *Pryor B., Millis D.L.* Therapeutic laser in veterinary medicine // *Vet Clin North Am Small Anim Pract*. – 2015, 45 (1): 45–56. doi: 10.1016/j.cvsm.2014.09.003.
348. *Quinn M.* Innovative medicine for ACL repairs in dogs. – Southern Illinois University, 2019. – 20 p.
349. *Razvi H.A., Muschter R., Anson K. et al.* Alteration of laser-tissue interaction with the 805 nm diode laser using indocyanine green in the canine prostate // *Lasers in Surgery and Medicine*. – 1996. – Vol. 19 (2). – P. 184–189. doi: 10.1002/(SICI)1096-9101(1996)19:2<184::AID-LSM10>3.0.CO;2-7.
350. *Ree J., Hayashi K., Woelz J., Kim S.Y.* Use of physical therapy in a dog with bilateral severe plantigrade stance // *J Am Anim Hosp Assoc*. – 2015. – Vol. 51 (1). – P. 31–35. doi: 10.5326/JAAHA-MS-5978.
351. *Renwick S.M., Renwick A.I., Brodbelt D.C. et al.* Influence of class IV laser therapy on the outcomes of tibial plateau leveling osteotomy in dogs // *Vet Surg*. – 2018. – Vol. 47 (4). – P. 507–515. doi: 10.1111/vsu.12794.

352. *Rochkind S.* The role of laser phototherapy in nerve tissue regeneration and repair: research development with perspective for clinical application. In Proceedings of the World Association of Laser Therapy. – Sao Paulo, Brazil, 2004. – P. 94–95.
353. *Rogatko C.P., Baltzer W.I., Tennant R.* Preoperative low level laser therapy in dogs undergoing tibial plateau levelling osteotomy: A blinded, prospective, randomized clinical trial // *Vet Comp Orthop Traumatol.* – 2017. – Vol. 30 (1). – P. 46–53. doi: 10.3415/VCOT-15-12-0198.
354. *Rose W.J., Sargeant J.M., Hanna W.J.B. et al.* A scoping review of the evidence for efficacy of acupuncture in companion animals // *Anim Health Res Rev.* – 2017. – Vol. 18 (2). – P. 177–185. doi: 10.1017/S1466252317000068.
355. *Roynard P., Frank L., Xie H., Fowler M.* Acupuncture for small animal neurologic disorders // *Vet Clin North Am Small Anim Pract.* – 2018. – Vol. 48 (1). – P. 201–219. doi: 10.1016/j.cvsm.2017.08.003.
356. *Ruffoni P., Pozzi R.* Laser Acupuncture in behavior problems of dog // *Energy for Health.* – 2020. – Vol. 20. – P. 16–22.
357. *Salehi P., Heidari S., Tanideh N., Torkan S.* Effect of low-level laser irradiation on the rate and short-term stability of rotational tooth movement in dogs // *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* – 2015. – Vol. 147 (5). – P. 578–586. doi: 10.1016/j.ajodo.2014.12.024.
358. *Santiago V.C., Piram A., Fuziy A.* Effect of soft laser in bone repair after expansion of the midpalatal suture in dogs // *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* – 2012. – Vol. 142 (5). – P. 615–624. doi: 10.1016/j.ajodo.2012.05.015.
359. *Sharifi D., Dehkordi E.V., Abedi G. et al.* Effect of low level laser on hydroxyproline content in experimentally induced injury in Achilles' tendon in dog // *Adv Environ Biol.* – 2011. – Vol. 5 (10). – P. 3151–3155.
360. *Silvestri A.R. Jr., Mirkov M.G., Connolly R.J.* Prevention of third molar development in dog with long pulse diode laser: A preliminary report // *Lasers in Surgery and Medicine.* – 2007. – Vol. 39 (8). – P. 674–677. doi: 10.1002/lsm.20540.
361. *Singh M., Bhargava M.K., Sahi A. et al.* Efficacy of low level laser therapy on wound healing in dogs // *Indian Journal of Veterinary Surgery.* – 2011. – Vol. 32 (2). – P. 103–106.
362. *Splinter R., Cheong W.F., van Gemert M.J.C., Welch A.J.* *In vitro* optical properties of human and canine brain and urinary bladder tissues at 633 nm // *Lasers in Surgery and Medicine.* – 1989. – Vol. 9 (1). – P. 37–41. doi: 10.1002/lsm.1900090108.
363. *Stich A.N., Rosenkrantz W.S., Griffin C.E.* Clinical efficacy of low-level laser therapy on localized canine atopic dermatitis severity score and localized pruritic visual analog score in pedal pruritus due to canine atopic dermatitis // *Veterinary Dermatology.* – 2014. – Vol. 25 (5). – P. 464–474. doi: 10.1111/vde.12144.
364. *Suiter E.J.* In dogs does low level laser therapy reduce healing time // *Veterinary Evidence.* – 2020. – Vol. 5 (1). – P. 1–11. doi: 10.18849/ve.v5i1.270.
365. *Takhtfooladi M.A., Sharifi D.* A comparative study of red and blue light-emitting diodes and low-level laser in regeneration of the transected sciatic nerve after an end to end neurorrhaphy in rabbits // *Lasers in Medical Science.* – 2015. – Vol. 30 (9). – P. 2319–2324. doi: 10.1007/s10103-015-1813-7.
366. *Tatarunas A.T., Matera J.M., Dagli M.L.Z.* Estudo clínico e anatomopatológico da cicatrização cutânea no gato doméstico: utilização do laser de baixa potência GaAs

- (904 nm) // *Acta Cir Bras.* – 1998. – Vol. 13 (2). – P. 86–93. doi: 10.1590/s0102-86501998000200004.
367. Tomlinson J., Orenbuch E., Mayer J. *et al.* Laser therapy in veterinary medicine // *J Am Vet Med Assoc.* – 2011. – Vol. 238 (8). – P. 974. doi: 10.2460/javma.238.8.974.
 368. Trelles M.A., Mayayo E. Bone fracture consolidates faster with low-power laser // *Lasers in Surgery and Medicine.* – 1987. – Vol. 7 (1). – P. 36–45. doi: 10.1002/lsm.1900070107.
 369. Üretürk S.E., Saraç M., Fıratlı S. *et al.* The effect of low-level laser therapy on tooth movement during canine distalization // *Lasers in Medical Science.* – 2017. – Vol. 32 (4). – P. 757–764. doi: 10.1007/s10103-017-2159-0.
 370. Utsunomiya T. A histopathological study of the effects of low-power laser irradiation on wound healing of exposed dental pulp tissues in dogs, with special reference to lectins and collagens // *J Endod.* – 1998. – Vol. 24 (3). – P. 187–193. doi: 10.1016/S0099-2399(98)80181-7.
 371. van Kooten D.W., Maciunas R.J., Carver R.S. Low-level CO₂ laser-induced release of 51chromium from canine 2C5 gliosarcoma cells // *Lasers in Surgery and Medicine.* – 1993. – Vol. 13 (5). – P. 517–521. doi: 10.1002/lsm.1900130504.
 372. Vizi E.S., Mester E., Tisza S., Mester A. Acetylcholine releasing effect of laser irradiation on Auerbach's plexus in guinea-pig ileum // *J Neural Transm.* – 1977. – Vol. 40 (4). – P. 305–308. doi: 10.1007/BF01257022.
 373. Wardlaw J.L., Gazzola K.M., Wagoner A. *et al.* Laser therapy for incision healing in 9 dogs // *Front Vet Sci.* – 2019. – Vol. 5. – P. 349. doi: 10.3389/fvets.2018.00349.
 374. Watson A.H., Brundage C.M. Photobiomodulation as an inflammatory therapeutic following dental prophylaxis in canines // *Photobiomodulation, Photomedicine, and Laser Surgery.* – 2019. – Vol. 37 (5). – P. 276–281. doi: 10.1089/photob.2018.4614.
 375. Williams C., Barone G. Is low level laser therapy an effective adjunctive treatment to hemilaminectomy in dogs with acute onset paraplegia secondary to intervertebral disc disease? // *J Vet Intern Med.* – 2011. – Vol. 25. – P. 730–731. doi: 10.1111/j.1939-1676.2011.0726.x.
 376. Wishnow K.I., Johnson D.E., Cromeens D.M., Ro J.Y. Laser photoirradiation of the canine ureteral orifice: comparison between contact and noncontact techniques // *Lasers in Surgery and Medicine.* – 1989. – Vol. 9 (5). – P. 485–489. doi: 10.1002/lsm.1900090511.
 377. Xiang A., Deng H., Cheng K. *et al.* Laser photobiomodulation for cartilage defect in animal models of knee osteoarthritis: a systematic review and meta-analysis // *Lasers in Medical Science.* – 2020. – Vol. 35 (4). – P. 789–796. doi: 10.1007/s10103-019-02937-8.
 378. *Xie's Veterinary Acupuncture* / Xie H., Preast V. (eds.). – Blackwell Publishing, 2007. – 360 p.
 379. Yatskevich T., Semenova O., Moskvina S. Combined Laser Blood Illumination by Red (635 nm) and UV (365–405 nm) Light in the Treatment of Small Domestic Animals with Allergic Dermatitis // *Preprints.* – 2017, 2017030186. doi: 10.20944/preprints201703.0186.v1.

СОДЕРЖАНИЕ

Список сокращений	3
Введение	4
Общие вопросы применения лазерной терапии	7
Механизмы биомодулирующего и терапевтического действия низкоинтенсивного лазерного излучения	7
Аппаратура для лазерной терапии.....	9
Особенности применения различных методик лазерной терапии	11
Требования протокола проведения процедур лазерной терапии	12
Комплект аппаратов «LASMIK-VET» для ветеринарии.....	23
Лазерная акупунктура в ветеринарии.....	24
Экспериментальные исследования.....	45
Частные методики лазерной терапии.....	62
Заболевания желудочно-кишечного тракта	75
Лазерная терапия при заболеваниях кожи	77
Раны (гнойные).....	84
Абсцессы и флегмоны.....	85
Заболевания опорно-двигательного аппарата.....	86
Травмы (ушибы и переломы)	87
Заболевания сердечно-сосудистой системы	90
Заболевания нервной системы	91
Лазерная терапия при мочекаменной болезни и уроцистите.....	94
Гайморит, ларингофарингит, ринит, отит.....	95
Острые и подострые бронхиты, бронхопневмонии	96
Заболевания глаз.....	97

Гинекологические заболевания.....	98
Эпидидимит и эпидидимоорхит	100
Парапроктит.....	100
Заключение	102
Приложение 1	103
Технология лазерофореза LASMIK®: механизмы и опыт применения.....	103
Литература.....	109

С.В. Москвин, Ф.Н. Чеходариди

ЛАЗЕРНАЯ ТЕРАПИЯ ДОМАШНИХ ЖИВОТНЫХ

ООО «Издательство «Триада»

ИД № 06059 от 16.10.01 г.

170034, г. Тверь, пр. Чайковского, 9, оф. 514

Тел./факс: (4822) 42-90-22, 35-41-30

E-mail: triadatver@yandex.ru

<http://www.triada.tver.ru>

Подписано к печати 27.01.21. Формат 60×90 1/16, обрезной.

Бумага офсетная. Гарнитура Times New Roman.

Печать офсетная. Усл. печ. л. 8,5. Тираж 1000 экз.

Заказ № ____

Отпечатано в ООО «Тверская фабрика печати».

170006, г. Тверь, Беляковский пер., 46

После лечения



Научно-
исследовательский
центр
«Матрикс»



+7 (499) 2505150
+7 (499) 2517838
+7 (495) 7652612

2505150@mail.ru
7652612@mail.ru
laser@lasmik-vet.ru

www.matrixmed.ru
www.lazmik.ru
lasmik-vet.ru



9 785947 899641