

Пути повышения эффективности лазерофореза

А. М. Лисенкова, М. М. Кугейко, Т. А. Железнякова, Н. М. Орёл

Белорусский государственный университет, Минск, e-mail: lisenkova@bsu.by

В статье рассмотрены преимущества лазерофореза, пути повышения эффективности лазерофоретического введения лекарственных средств, описан новый оптический метод и устройство для определения глубины проникновения света в кожу в условиях общей вариативности ее структурно-морфологических параметров. Приведены инновационные методики ЛФ и аппаратура увеличения биодоступности лекарственных препаратов для нормализации нарушений метаболизма при экспериментальных патологиях печени и поджелудочной железы.

Ключевые слова: лазерное излучение, лазерофорез, биодоступность, оптика, биотехнологии

Введение

Увеличение средней продолжительности жизни и старение населения в ряде стран, ухудшение мировой экологии, физические и нервные перегрузки, гиподинамия, неправильное питание и другие причины приводят к росту численности больных с различными заболеваниями. Современная медицина столкнулась с целым рядом болезней, трудно поддающихся фармакотерапии. Лазерофорез (ЛФ) – перспективное и интенсивно развивающееся направление современной медицины. Чрескожное введение веществ посредством лазерного излучения (ЛИ) обладает рядом преимуществ по сравнению с обычным введением лекарственных средств (ЛС) с помощью таблеток, порошков, растворов через желудок, уколов и т.д. ЛФ просто реализуется, процедура не травматична, асептична, экономически выгодна и эффективна. В процессе сравнения степени влияния различных физических факторов на форетическую подвижность различных веществ преимущество такого подхода было впервые показано в [1]. Следует отметить, что для ЛФ не требуются ионизированные и поляризованные вещества, а также электроды, закрепляемые на разных частях тела, необходимые для проведения давно и широко используемого электрофореза. При ЛФ не разрушаются многие гормоны и ферменты, некоторые витамины и другие ЛС, как это происходит при фонофорезе. Для процесса лазерофореза справедливы многие закономерности терапевтического действия ЛИ на биоткани, которые необходимо учитывать [2–5].

В настоящее время большое внимание уделяется инновационным лазерным технологиям, применяемым в лазерной терапии [2]. Разрабатываются методики и создается аппаратура эффективного введения лекарственных препаратов для оптимизации лечебного воздействия [2–11]. Интенсивно разрабатываются методы лечения, учитывающие индивидуальные характеристики пациентов, позволяющие регулировать дозировку лекарственных препаратов, что особенно важно при лечении детей и пациентов с индивидуальными особенностями и ослабленным иммунитетом.

1. Направления усовершенствования технологии ЛФ

Лазерное излучение красной и ближней ИК области спектра относится к числу внешних физических факторов, способных оказывать существенное влияние на трансдермальное проникновение ЛС в организм. НИЛИ терапевтических доз в красной и ближней ИК области спектра может увеличивать локальную проницаемость мембранных структур и межмембранных контактов тканей организма для биомолекул, а также усиливать микроциркуляцию крови в облучаемой области, нормализует обмен веществ [2, 3, 5].

Технология ЛФ совершенствуется по разным направлениям. Создаются новые эффективные методики и аппаратура для ЛФ [2, 5, 6–14, 19]. При этом важными направлениями с точки зрения физиков, биологов и медиков являются:

- оптимизация длины волны, энергетических, пространственных параметров ЛИ, выбор режима работы излучателя при разных патологиях;
- комбинирование ЛФ с другими вариантами физиотерапевтического воздействия, например, с предварительной микростимуляцией до проведения ЛФ при переломах и мышечных травмах; использование тепловых, магнитных и других воздействий (УВЧ, КВЧ, СВЧ) при разных патологиях;
- оптимизация способов доставки веществ, что важно при труднодоступной локализации патологического очага;
- поиск новых лекарственных средств для проведения процедуры ЛФ; например, использование препаратов естественного происхождения;
- оптимизация состава гелей и ЛС, подбор смесей и концентраций.

2. Инновационные методики и разработки в области лазерофореза

2.1 Новый метод для определения глубины проникновения ЛИ в кожу

При воздействии ЛИ на биоткань выбор параметров излучения (длины волны и мощности), времени и режима воздействия, как правило, осуществляется эмпирически, исходя из опыта и статистически накопленной информации в биомедицинских исследованиях. В тоже время знание спектральной зависимости и контроль глубины проникновения ЛИ в биоткань является одним из ключевых моментов при выборе оптимальных условий проведения лазеротерапии, включая лазерофорез, и при наблюдении разных слоев биоткани во время диагностики различных заболеваний.

Разработанный в БГУ оптический метод и устройство для определения глубины проникновения света в кожу в условиях общей вариативности ее структурно-морфологических параметров, основанные на регистрации потоков отраженного от кожи излучения в трех спектральных участках и их спектральном анализе с использованием регрессионного подхода к решению обратных задач оптики светорассеивающих сред позволяет оперативно оценить спектральную глубину проникновения ЛИ в кожу по изображениям кожи в трех широких спектральных участках (красном, зеленом и синем), что важно для эффективного проведения лазеротерапии [12, 13]. Следует также отметить, что это устройство на базе двухлучевого базисно-нефелометрического метода определения показателя ослабления излучения, устойчиво к разбросу аппаратурных констант приемно-излучающих, измерительных блоков, влиянию окружающей среды, и т. п., что позволяет с высокой точностью оценивать проникновение лекарственных средств в экспериментах по лазерофорезу.

2.2 Оптимизация характеристик лазерного воздействия

Проведенные теоретические и экспериментальные исследования показали, что импульсное или модулированное по интенсивности излучение может быть более эффективным при проведении лазерофореза, чем непрерывное [4–6, 9–12, 14]. Метод ЛФ лекарственных средств, основанный на активизации внутри – и межклеточного транспорта молекул препарата посредством многократных смещений подвижных элементов билипидных мембран биотканей представляется обоснованным [10]. Важным является определение оптимальных параметров ЛИ в зависимости от характеристик облучаемой биоткани [2, 7, 10, 15]. Для модуляции ЛИ предлагается использовать

сигналы с датчиков пульса, чтобы проводить введение ЛС в ритме кровотока, что увеличивает биодоступность препарата при лазерофоретическом введении [6, 9, 10].

2.3 Методики и аппаратура для фитолазерофореза

В течение ряда лет нами разрабатываются инновационные методики ЛФ и аппаратура увеличения биодоступности лекарственных препаратов с биологически активными веществами естественного происхождения для нормализации нарушений метаболизма при экспериментальных патологиях печени и поджелудочной железы [7–10, 12]. Исследовалось воздействие НИЛИ в сочетании с введением адаптогенов лактоферрина и масла семян расторопши, а также водных экстрактов растений отечественной флоры – Пижмы обыкновенной, Цмина песчаного, Девясила высокого, обладающих желчегонным, гипогликемическим, антибактериальным и др. действием. Комплексное использование лазерного воздействия в сочетании с биологически активными препаратами естественного происхождения позволяет регулировать антиоксидантную систему крыс с экспериментальным сахарным диабетом. Представляется важным использовать при введении ЛС лазерное излучение с модулируемой интенсивностью, синхронизированное с кровенаполнением в облучаемом участке и биоритмами всего организма. Изучались различные акцепторы НИЛИ, в том числе биологически активные точки, которые могут запускать в организме фотобиологические реакции, продукты которых способствуют стимуляции важнейших органов и систем. В результате стимуляции активируются процессы биогенеза, что приводит к усилению терапевтического действия при ЛФ [7, 8, 13]. Дальнейшие исследования этой области также представляют научный и практический интерес.

Заключение

Таким образом, проведенные исследования показывают эффективность комплексного использования лазерного воздействия в сочетании с биологически активными препаратами. Понимание механизмов лазерофореза на клеточном и тканевом уровнях позволяет формулировать и требования к физическим факторам, обеспечивающим максимально эффективное проведение процедуры. Истинные возможности ЛФ еще далеко не изучены. Результаты работ могут быть использованы в клинической практике для разработки технологии регуляции процессов обмена веществ в органах и тканях и совершенствования способов биохимического контроля при различных патологиях. Представляется актуальным проведение дальнейших научных исследований в области разработки новых технологий ЛФ при активном сотрудничестве специалистов различных областей естественных наук и медицины.

Литература

1. Миненков, А. А. Низкоэнергетическое лазерное излучение красного, инфракрасного диапазонов и его использование в сочетанных методиках физиотерапии: Автореф. дис. д-ра мед. наук. – Москва, 1989. – 44 с.
2. Улащик В. С. Трансдермальное введение лекарственных веществ и физические факторы: традиции и инновации.- Минск: Беларуская навука, 2017.
3. Владимиров Ю. А., Клебанов Г. И., Борисенко Г. Г., Осипов А. Н. Молекулярно-клеточные механизмы действия низкоинтенсивного лазерного излучения. Биофизика. 2004. Т. 49, вып. 2. С. 339–350.
4. Низкоинтенсивная лазерная терапия. Сб. трудов под общей редакцией С. В. Москвина, В. А. Буйлина.– Москва: Изд. ТОО «Фирма «Техника», 2000.

5. Кугейко М. М., Лисенкова А. М., Сенчук В. В. Исследование влияния лазерного излучения на биодоступность лекарственных соединений. Медэлектроника–2002: Тр. Междунар. науч.-техн. конф., Минск, БГУИР. Минск, 2002. С. 121–124.
6. Лисенкова А. М., Железнякова Т. А., Лисенков Б. Н., Щербатюк В. А., Дюба В. М. Аппаратные средства для эффективного трансдермального введения лекарственных препаратов в организм. Лазеры. Измерения. Информация: Сборник докл. 19-й Междунар. конф., в 2 т. С.-Пб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2009. Т. 2. С. 271–286.
7. Орёл Н. М., Пышко Е. С., Соколовский Д. Ю. Железнякова Т. А., Лисенкова А. М., Кобак И. А., Щербатюк В. А. Регуляция метаболизма в печени крыс с экспериментальным холестазом путем воздействия лазерным излучением на биологически активные точки. Лазерная физика и оптические технологии: Сб. науч. статей IX Междунар. науч. конф. Гродно, 2012. Ч. 1. С. 118–120.
8. Орёл Н. М., Лисенкова А. М., Железнякова Т. А., Кобак И. А. Перспективы использования лазерных технологий воздействия на биологически активные точки для коррекции нарушений метаболизма при экспериментальных патологиях печени. Вестник БГУ. Сер. 1. 2014. № 2. С. 33–39.
9. Орёл Н. М., Лисенкова А. М., Абметко А. А., Железнякова Т. А. Лазерные технологии воздействия на биологически активные точки для коррекции изменений активности ферментов при экспериментальном сахарном диабете. Доклады БГУИР. 2016. № 7 (101). С. 95–99.
10. Железнякова Т. А. Влияние параметров излучения и оптических свойств биологических тканей на процесс лазерофореза. Автореф. дис. канд. физ-мат. наук Минск, 2017. 44 с.
11. Кончугова Т. В. Лазерофорез – перспективы развития метода (краткий обзор литературы). Вестник новых медицинских технологий. 2016. Т. 23, № 3. С. 289–295.
12. Лысенко С. А., Кугейко М. М., Лисенкова А. М. Неинвазивное определение спектральной глубины проникновения света в кожу. Оптика и спектроскопия. 2013. Т. 115, № 5. С. 184–191.
13. Лысенко С. А., Кугейко М. М., Лисенкова А. М. Способ определения глубины проникновения света в кожу и устройство для его реализации. Пат. 2521838 РФ, 2014, бюл.19.
14. Железнякова Т. А., Кугейко М. М., Солоневич С. В., Рыжевич А. А. Метод лазерофореза посредством излучения с периодически изменяющейся во времени интенсивностью. Вестник БГУ. Сер. 1. 2009. № 3. С. 24–30.
15. Железнякова Т. А., Солоневич С. В., Рыжевич А. А. Влияние физических свойств основы лекарственного препарата на процесс фотофореза. Вес. Нац. акад. наук Беларуси. Сер. физ.- мат навук. 2012. № 4. С. 107–110.

Ways to increase the efficiency of laserphoresis

A. M. Lisenkova, M. M. Kugeiko, T. A. Zheleznyakova, N. M. Oryol

Belarusian State University, Minsk; e-mail: lisenkova@bsu.by

The article discusses the advantages of laserphoresis, ways to increase the efficiency of laserphoretic injection of medicines, describes a new optical method and device for determining the depth of light penetration into the skin under conditions of general variability of its structural and morphological parameters. Innovative LF techniques and equipment for increasing the bioavailability of medicines for the normalization of metabolic disorders in experimental liver and pancreas pathologies are presented.

Keywords: laser radiation, laserphoresis, bioavailability, optics, biopharmaceutical technology.