



Лазероиндуцированная термотерапия и фотодинамическая терапия в дерматологии: возможности и перспективы

Молочков А.В. • Романко Ю.С. • Казанцева К.В. • Сухова Т.Е. • Попучиев В.В. • Третьякова Е.И. • Матвеева О.В. • Кунцевич Ж.С. • Молочкова Ю.В. • Прокофьев А.А. • Дибирова С.Д.

Рассмотрены современные представления о механизмах действия лазерного излучения на организм, технические аспекты применения лазерного излучения различной интенсивности и особенности его действия на биологические ткани. Представлены результаты исследований по применению этого вида воздействий в комплексе лечебных мероприятий у больных кожными заболеваниями, в том числе при опухолях кожи. Приведены данные об эффективности и безопасности лазерной терапии; показано, что преимущества ее использования в дерматологии заключаются в сокращении сроков лечения больных, минимальном количестве противопоказаний. Учитывая эффективность и простоту применения, отсутствие побочных реакций, метод можно отнести к числу перспективных направлений терапии в дерматологии.

Ключевые слова: лазерная терапия, кожные заболевания, лазероиндуцированная термотерапия, фотодинамическая терапия, опухоли кожи.

Молочков Антон Владимирович – д-р мед. наук, профессор, заместитель директора по науке, образованию и международным связям¹

✉ 129110, г. Москва, ул. Щепкина, 61/2–1, Российская Федерация. Тел.: +7 (495) 631 46 54.
E-mail: a.molochkov@monikiweb.ru

Романко Юрий Сергеевич – д-р мед. наук, руководитель научно-организационного отдела²

Казанцева Кристина Вадимовна – аспирантка кафедры кожных и венерических болезней³

Сухова Татьяна Евгеньевна – д-р мед. наук, ст. науч. сотр. отделения дерматовенерологии и дерматоонкологии¹

Попучиев Виктор Васильевич – д-р мед. наук, вед. науч. сотр. отдела функциональной диагностики и терапии²

Третьякова Елена Игоревна – канд. мед. наук, науч. сотр. отделения дерматовенерологии и дерматоонкологии¹

Матвеева Олеся Владимировна – канд. мед. наук, доцент кафедры кожных и венерических болезней³

Кунцевич Жанна Сергеевна – канд. мед. наук, доцент кафедры дерматовенерологии и дерматоонкологии¹

Молочкова Юлия Владимировна – науч. сотр. отделения дерматовенерологии и дерматоонкологии¹

Прокофьев Александр Александрович – мл. науч. сотр. отделения дерматовенерологии и дерматоонкологии¹

Дибирова Салимат Дибирмухамедовна – аспирант кафедры кожных и венерических болезней³

С 70–80 гг. XX в. в медицинскую практику интенсивно внедряются лазерные технологии и устройства, которые постепенно получают широкое применение при лечении различных заболеваний. К настоящему времени сформулированы основные тенденции развития лазерных методов в различных областях медицины, постоянно появляются новые технические решения, экспериментальный и клинический материал, свидетельствующий о клинической эффективности и безопасности применения этих методов в лечении заболеваний, в том числе и кожной патологии [1].

Внимание исследователей привлекает возможность применения физических методов в лечении дерматозов и опухолей кожи, в частности, фотодинамической терапии (ФДТ) [2] (по которой уже накоплен значительный массив публикаций [3]) и лазероиндуцированной термотерапии (ЛИТТ) [4, 5].

Механизмы влияния лазерного излучения на ткани и конечный биологический эффект этого взаимодействия определяются прежде всего оптическими и энергетическими особенностями излучения, методами подведения к ткани энергии, а также свойствами самой биоткани [6, 7]. Однако данные литературы об использовании этого метода в лечении дерматологической патологии не систематизированы, а это необходимо для анализа полученных к настоящему времени сведений.

В этой статье проведен анализ применения при лечении болезней кожи методов, основанных на использовании лазерного излучения.

Фотодинамическая терапия

При лечении злокачественных новообразований кожи успешно применяется метод ФДТ. Его преимуществами являются малая инвазивность,

¹ ГБУЗ МО «Московский областной научно-исследовательский клинический институт им. М.Ф. Владимирского»; 129110, г. Москва, ул. Щепкина, 61/2, Российская Федерация

² ФГБУ «Медицинский радиологический научный центр» Минздрава России; 249036, г. Обнинск, ул. Королева, 4, Российская Федерация

³ ГБОУ ВПО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова» Минздрава России; 119991, г. Москва, ул. Трубецкая, 8/2, Российская Федерация



высокая избирательность поражения раковой опухоли, низкая темновая токсичность вводимых фотосенсибилизаторов, отсутствие риска тяжелых местных и системных осложнений, возможность выполнения ранней диагностики и процедур органосохраняющей терапии, а также одновременного проведения диагностики и терапии [8–10].

Определение клеточных и тканевых мишеней ФДТ, а также механизмы ее действия постоянно служат объектами исследований [11–19]. Благодаря способности фотосенсибилизаторов накапливаться в опухоли в процессе ФДТ происходит избирательное повреждение ткани опухоли. До настоящего времени наиболее распространены внутривенный путь введения фотосенсибилизаторов в организм [20]. Применяется также метод локального введения [21–26]. Одним из основных факторов, ограничивающих использование ФДТ, считается недостаточная глубина проникновения светового излучения, поэтому разрабатываются методы интерстициального облучения опухоли [27].

Эффективность ФДТ рака кожи зависит от стадии опухолевого процесса, химической структуры и дозы фотосенсибилизатора, а также от параметров облучения [28–31]. Высокая эффективность метода отмечена при лечении рецидивов базальноклеточной карциномы [32]. Многочисленные работы последних лет показали возможность успешного использования ФДТ в лечении неонкологических заболеваний кожи [33, 34] и других органов [35]. Немаловажное значение имеет также экономическая эффективность ФДТ [29].

Лазероиндуцированная термотерапия

Имеющиеся в настоящее время данные свидетельствуют о расширяющемся использовании лазерной терапии в дерматологии. В ряде работ показана эффективность ЛИТТ при лечении кожных заболеваний разной этиологии, в том числе базальноклеточной карциномы [36–38]. Получены данные, свидетельствующие об эффективности локальной гипертермии с использованием неодимового лазера в лечении вирусиндуцированных поражений кожи. К.Г. Moskalik и соавт. сообщили об успешном опыте применения углекислотного лазера в лечении базальноклеточного рака кожи и меланомы. ЛИТТ используется в лечении базальноклеточного рака кожи при труднодоступной для лучевой терапии и криодеструкции локализации (ушная раковина, угол глаза и др.) [39].

С развитием технических возможностей, касающихся нагрева опухоли и осуществления температурного контроля, увеличился интерес онкологов к гипертермии. Если в 90-х гг. XX в. T.V. De Vita утверждал, что известно только три направления для создания и использования локального воздействия гипертермии на опухоль, вне зависимости от ее размеров и глубины расположения, – микроволны, ультразвук и радиочастотные излучатели, то в настоящее время для локальной гипертермии применяются и другие технические средства: электромагнитное излучение – высокочастотное, ультравысокочастотное и сверхвысокочастотное, а также лазерное излучение [40, 41].

Источник теплового излучения выбирается индивидуально для каждой патологии. Необходимо подобрать длину волны так, чтобы глубина проникновения излучения соответствовала расположению опухолевого образования в тканях.

Одним из преимуществ использования лазера в лечении новообразований является возможность достижения нагрева в строго заданном объеме и конфигурации опухоли, без повреждения окружающей здоровой ткани, что особенно важно при локализации патологического процесса на лице [6]. Применение данного вида ЛИТТ основано на избирательном перегреве опухолевых тканей по сравнению со здоровыми. Повышение температуры способствует увеличению скорости кровотока и теплоотдачи в здоровой ткани, тогда как в опухоли из-за несовершенного строения сосудистого русла снижается перфузия, наблюдаются сосудистый отек и формирование многочисленных микротромбозов. Нарушение кровотока в опухоли приводит к хронической гипоксии, истощению запасов аденозинтрифосфорной кислоты, замедлению или нарушению репликации дезоксирибонуклеиновой кислоты в клетках. Этими механизмами, в частности, объясняются повышение термочувствительности клеток солидных опухолей и развитие в них уже при 42,5 °С необратимых повреждений за счет некроза и апоптоза [7, 42]. Кроме того, показана роль температурно-индуцируемой продукции белков теплового шока (heat shock proteins – HSP) в формировании специфического иммунного ответа на опухолевые антигены [43].

Для эффективной процедуры необходим нагрев патологического очага до 43–45 °С, что обеспечивается подбором специальных световодов (диффузионных рассеивателей) и соответствующим температурным контролем, который, в свою

очередь, выполняется при помощи специальных термозондов (игольчатых щупов, гибких катетеров). При перегреве происходит поражение здоровой ткани, а недостаточный нагрев может спровоцировать рост опухоли. Температурный контроль при гипертермии затруднен в связи со сложной динамикой взаимодействия лазерного излучения и биоткани (неоднородностью теплового поля вокруг диффузионного рассеивателя), а также по причине глубинного расположения опухоли.

Воздействие лазерным лучом осуществляется локально в пределах видимой границы опухоли до наступления спазма сосудов опухоли, который выражается в побледнении облучаемого участка по сравнению с окружающими гиперемизированными здоровыми тканями. Избирательность термоповреждения злокачественных клеток при сохранности здоровых тканей достигается не только за счет локального воздействия лазерного луча, но и в результате повышенной термочувствительности опухоли. В здоровой ткани скорость кровотока и теплоотдача линейно возрастают с увеличением температуры. Доказано, что именно этот феномен определяет селективность перегрева опухолевых тканей по сравнению со здоровыми. По данным А. Szasz и соавт., нарушение кровотока в солидных опухолях и хроническая гипоксия значительно повышают термочувствительность опухолевых клеток, и уже при температуре 42,5 °С происходит необратимое повреждение клеток опухоли, вследствие чего запускаются прямой (некроз) и непрямой (апоптоз) пути опухолевой деструкции [7].

Работы, посвященные оценке эффективности применения ЛИТТ в лечении базальноклеточного рака кожи, немногочисленны, данные получены по результатам исследования ограниченного числа больных, причем без учета формы и гистологического типа опухоли. В частности, М.Н. El-Tonsy и соавт. показали эффективность гипертермии, индуцированной лазером на иттрий-алюминиевом гранате с непрерывной генерацией волн. Мощность лазера на выходе составляла 10 Вт, диаметр лазерного пятна – 0,8 см, время воздействия – не менее 1 минуты при 37 поверхностных и нодулярных очагах базалиомы. При этом полностью излечились 97,3% пациентов, в течение последующих 3–5 лет рецидив был отмечен лишь в 1 (2,7%) случае [5].

В отечественной литературе упоминания о применении ЛИТТ единичны. Так, М.Л. Гельфонд и А.С. Барчук описали метод лазерной селективной гипертермии, эффективный

при лечении злокачественных новообразований наружных локализаций, в том числе базальноклеточного рака кожи. В качестве источника лазерного излучения они использовали отечественный полупроводниковый лазер с длиной волны 810 нм и средней мощностью световода на выходе 4–6 Вт. Диаметр поля облучения (с применением оптической насадки) составлял 1 см. Лечение потребовало проведения 6–8 сеансов лазерной гипертермии [1].

В работе В.В. Соколова и соавт. описан комбинированный способ лечения злокачественных опухолей, в частности базальноклеточного рака кожи, с помощью ФДТ и лазерной термотерапии. При ФДТ допускалось внутривенное, аппликационное и интратуморальное введение фотосенсибилизаторов, в качестве которых использовались соединения со спектром поглощения волн в диапазоне 630–800 нм (порфирины, нафталоцианины, хлорины, бензопорфирины и др.). При ЛИТТ для прогревания злокачественной опухоли в пределах 40–45 °С применяли полупроводниковый лазерный аппарат, генерирующий излучение в ближней инфракрасной области оптического диапазона с длиной волны 800–1064 нм. Нагрев осуществляли в течение не менее 30 минут. Лечение повторялось дважды с интервалом в 4–5 дней. Однако в этих исследованиях эффект ЛИТТ был отмечен у единичных больных базальноклеточным раком кожи.

Недостаточная изученность применения метода ЛИТТ в дерматоонкологии и малые выборки пациентов в доступных публикациях свидетельствуют о необходимости проведения дальнейших исследований.

Заключение

Интенсивное развитие лазерной терапии определяется такими факторами, как высокая универсальность метода, представляющего собой в ряде случаев реальную альтернативу медикаментозной терапии, сочетаемость практически со всеми видами лечения, возможность повышать чувствительность к ряду лекарственных препаратов, отсутствие широкого спектра противопоказаний, характерных для стандартных методов лечения, и, наконец, высокие экономические показатели [43, 44].

В клинической и экспериментальной дерматологии можно выделить несколько основных направлений изучения механизма действия лазерного излучения на кожу и организм в целом:

- разработка методов активного воздействия на клеточные, гуморальные и нервные



компоненты с целью активации обменных процессов;

- изыскание возможностей для лечения заболеваний кожи лазерным излучением с различной мощностью и разной длиной волны;
- расширение сферы применения лазерного излучения.

Анализ данных литературы показывает, что применение лазерного воздействия в комплексе лечебных мероприятий у больных с кожными заболеваниями повышает эффективность терапии, сокращает сроки лечения, имеет минимальное

количество ограничений. Более чем 35-летний опыт использования лазеров в дерматологии свидетельствует о целесообразности применения этого метода при различных заболеваниях. Однако вопреки положительным результатам, полученным в клинической практике, различные виды лазерной терапии в дерматологии применяются незаслуженно редко. Учитывая простоту самого метода, отсутствие побочных реакций, ограниченность противопоказаний при проведении процедур, лазерную терапию можно отнести к числу наиболее перспективных направлений в дерматологии. ☺

Литература (References)

1. Гельфонд МЛ, Барчук АС. Лазерная селективная гипертермия в лечении злокачественных новообразований. Методические рекомендации. СПб.; 2002. 13 с. (Gel'fond ML, Barchuk AS. Selective laser hyperthermia in the treatment of malignant tumors. Saint-Petersburg; 2002. 13 p. Russian).
2. Филоненко ЕВ. Физические методы в лечении больных гипертермией кожи. Медицинские технологии. Оценка и выбор. 2012;2(8):100–5. (Filonenko EV. [Physical methods in the treatment of skin cancer patients]. Meditsinskiiye tekhnologii. Otsenka i vybor. 2012;2(8):100–5. Russian).
3. Странадко ЕФ, Каменская ВН. Фотодинамическая терапия: наукометрическое исследование. Лазерная медицина. 2013;17(2):44–9. (Stranadko EF, Kamenskaya VN. [Photodynamic therapy: a scientometric study]. Lazernaya meditsina. 2013;17(2):44–9. Russian).
4. Castro DJ, Saxton RE, Soudant J. The concept of laser phototherapy. Otolaryngol Clin North Am. 1996;29(6):1011–29.
5. El-Tonsy MH, El-Domyati MM, El-Sawy AE, El-Din WH, Anbar Tel-D, Raouf HA. Continuous-wave Nd:Yag laser hyperthermia: a successful modality in treatment of basal cell carcinoma. Dermatol Online J. 2004;10(2):3.
6. Steen WM, Mazumder J. Biomedical Laser Processes and Equipment Laser Material Processing. 4th edition. London: Springer-Verlag; 2010.
7. Szasz A, Vincze G. Dose concept of oncological hyperthermia: heat-equation considering the cell destruction. J Cancer Res Ther. 2006;2(4):171–81.
8. Каплан МА, Романко ЮС. Фотодинамическая терапия. Физиотерапия, бальнеология и реабилитация. 2004;1(1):43–8. (Kaplan MA, Romanko YuS. [Laser photodynamic therapy]. Fizioterapiya, bal'neologiya i rehabilitatsiya. 2004;1(1):43–8. Russian).
9. Романко ЮС, Каплан МА, Попучиев ВВ, Молочков ВА, Сухова ТЕ, Третьякова ЕИ, Таранец ТА. Базально-клеточный рак кожи: проблемы лечения и современные аспекты фотодинамической терапии. Российский журнал кожных и венерических болезней. 2004;6(6):6–10. (Romanko YuS, Kaplan MA, Popuchiev VV, Molochkov VA, Sukhova TE, Tret'yakova EI, Taranets TA. [Basal cell carcinoma of the skin: treatment difficulties and current aspect of photodynamic therapy]. Rossiyskiy zhurnal kozhnykh i venericheskikh bolezney. 2004;6(6):6–10. Russian).
10. Цыб АФ, Каплан МА, Романко ЮС, Попучиев ВВ. Фотодинамическая терапия. М.: Медицинское информационное агентство; 2009. 195 с. (Tsyb AF, Kaplan MA, Romanko YuS, Popuchiev VV. Photodynamic therapy. Moscow: Meditsinskoe informatsionnoe agentstvo; 2009. 195 p. Russian).
11. Каплан МА, Никитина РГ, Романко ЮС, Бозаджиев ЛЛ, Малыгина АИ, Дрожжина ВВ. Фотодинамическая терапия саркомы М-1 у экспериментальных животных. Лазерная медицина. 1998;2(2–3):38–42. (Kaplan MA, Nikitina RG, Romanko YuS, Bozadzhiyev LL, Malygina AI, Drozhzhina VV. [Photodynamic therapy for experimental sarcoma M-1]. Lazernaya meditsina. 1998;2(2–3):38–42. Russian).
12. Каплан МА, Пономарев ГВ, Баум РФ, Романко ЮС, Мардынская ВП, Малыгина АИ. Изучение специфической фотодинамической активности фотодитазина при фотодинамической терапии у экспериментальных животных-опухоленосителей. Российский биотерапевтический журнал. 2003;2(4):23–30. (Kaplan MA, Ponomarev GV, Baum RF, Romanko YuS, Mardynskaya VP, Malygina AI. [Study of photodynamic activity Photoditazini at photodynamic therapy of experimental animals with tumor]. Rossiyskiy bioterapevticheskiy zhurnal. 2003;2(4):23–30. Russian).
13. Каплан МА, Романко ЮС, Мардынская ВП, Малыгина АИ, Бурмистрова НВ, Ярославцева-Исаева ЕВ, Спиченкова ИВ. Разработка метода фотодинамической терапии с Фотодитазиним у экспериментальных животных с саркомой М-1. Российский биотерапевтический журнал. 2004;3(2):52. (Kaplan MA, Romanko YuS, Mardynskaya VP, Malygina AI, Burmistrova NV, Yaroslavtseva-Isaeva EV, Spichenkova IV. [Development of the method of Photodithazine photodynamic therapy for experimental sarcoma M-1]. Rossiyskiy bioterapevticheskiy zhurnal. 2004;3(2):52. Russian).
14. Каплан МА, Романко ЮС, Попучиев ВВ, Южаков ВВ, Бандурко ЛН, Михина ЛН, Фомина НК, Малыгина АИ, Ингель ИЭ. Влияние плотности световой энергии на противоопухолевую эффективность фотодинамической терапии с фотодитазиним. Лазерная медицина. 2005;9(2):46–54. (Kaplan MA, Romanko YuS, Popuchiev VV, Yuzhakov VV, Bandurko LN, Mikhina LN, Fomina NK, Malygina AI, Ingel' IE. [The influence of luminous density on the anti-tumor efficacy of Photodithazine photodynamic therapy]. Lazernaya meditsina. 2005;9(2):46–54. Russian).
15. Каплан МА, Романко ЮС, Попучиев ВВ, Южаков ВВ, Бандурко ЛН, Фомина НК, Михина ЛН, Малыгина АИ, Ингель ИЭ. Действие фотодинамической терапии на рост и функциональную морфологию саркомы М-1. Лазерная медицина. 2005;9(4):41–7. (Kaplan MA, Romanko YuS, Popuchiev VV, Yuzhakov VV, Bandurko LN, Fomina NK, Mikhina LN, Malygina AI, Ingel' IE. [Effects of photodynamic therapy on the growth and functional morphology of sarcoma M-1]. Lazernaya meditsina. 2005;9(4):41–7. Russian).
16. Цыб АФ, Каплан МА, Романко ЮС, Попучиев ВВ. Влияние фотодинамической терапии с Фотодитазиним на морфофункциональные характеристики саркомы М-1. Бюлле-



- тень экспериментальной биологии и медицины. 2004;138(12):658–64. (Tsyb AF, Kaplan MA, Romanko YuS, Popuchiev VV. [Effects of Photodithazine photodynamic therapy on the morphofunctional characteristics of sarcoma M-1]. *Byulleten' eksperimental'noy biologii i meditsiny*. 2004;138(12):658–64. Russian).
17. Романко ЮС, Цыб АФ, Каплан МА, Попучиев ВВ. Зависимость противоопухолевой эффективности фотодинамической терапии с фотодитазином от плотности световой энергии. Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. 2005;139(4):456–61. (Romanko YuS, Tsyb AF, Kaplan MA, Popuchiev VV. [Anti-tumor efficacy of Photodithazine photodynamic therapy and its relation to luminous density]. *Byulleten' eksperimental'noy biologii i meditsiny*. 2005;139(4):456–61. Russian).
18. Романко ЮС, Тсыб АФ, Каплан МА, Попучиев ВВ. Effect of photodynamic therapy with photodithazine on morphofunctional parameters of M-1 sarcoma. *Bull Exp Biol Med*. 2004;138(6):584–9.
19. Романко ЮС, Тсыб АФ, Каплан МА, Попучиев ВВ. Relationship between antitumor efficiency of photodynamic therapy with photodithazine and photoenergy density. *Bull Exp Biol Med*. 2005;139(4):460–4.
20. Цыб АФ, Каплан МА, Молочков ВА, Миронов АФ, Романко ЮС, Капинус ВН, Сухова ТЕ, Третьякова ЕИ. О применении фотодинамической терапии в лечении солитарных и множественных базалиом. Российский журнал кожных и венерических болезней. 2000;(4):4–12. (Tsyb AF, Kaplan MA, Molochkov VA, Mironov AF, Romanko YuS, Kapinus VN, Sukhova TE, Tret'yakova EI. [Photodynamic therapy for the treatment of solitary and multiple basalomas]. *Rossiyskiy zhurnal kozhnykh i venericheskikh bolezney*. 2000;(4):4–12. Russian).
21. Молочков АВ, Сухова ТЕ, Третьякова ЕИ, Аكوпова КВ, Королева ЛП, Прокофьев АА, Румянцев СА, Алиева ПМ, Романко ЮС, Молочков ВА. Сравнительные результаты эффективности лазериндуцированной и фотодинамической терапии поверхностной и микронодулярной базалиом. Российский журнал кожных и венерических болезней. 2012;(4):30–6. (Molochkov AV, Sukhova TE, Tret'yakova EI, Akopova KV, Koroleva LP, Prokof'ev AA, Rumyantsev SA, Alieva PM, Romanko YuS, Molochkov VA. [Comparison of effectiveness of laser-induced and photodynamic therapy for superficial and micronodular basalomas]. *Rossiyskiy zhurnal kozhnykh i venericheskikh bolezney*. 2012;(4):30–6. Russian).
22. Прокофьев АА, Молочков ВА, Молочков АВ, Сухова ТЕ, Карташова МГ. Фотодинамическая терапия саркомы Капоши. Российский журнал кожных и венерических болезней. 2011;(4):4–6. (Prokof'ev AA, Molochkov VA, Molochkov AV, Sukhova TE, Kartashova MG. [Photodynamic therapy of Kaposi's sarcoma]. *Rossiyskiy zhurnal kozhnykh i venericheskikh bolezney*. 2011;(4):4–6. Russian).
23. Сухова ТЕ, Романко ЮС, Матвеева ОВ. Фотодинамическая терапия базальноклеточного рака кожи с локальным применением радахлорина. Российский журнал кожных и венерических болезней. 2008;(4):41–4. (Sukhova TE, Romanko YuS, Matveeva OV. [Photodynamic therapy for basal-cell carcinoma with the local application of radachlorine]. *Rossiyskiy zhurnal kozhnykh i venericheskikh bolezney*. 2008;(4):41–4. Russian).
24. Сухова ТЕ, Романко ЮС, Ярославцева-Исаева ЕВ, Коренев СВ, Прокофьев АА. Внутритканевой вариант введения фотосенсибилизатора при фотодинамической терапии базально-клеточного рака кожи (сообщение 1). Российский журнал кожных и венерических болезней. 2010;(2):4–10. (Sukhova TE, Romanko YuS, Yaroslavtseva-Isaeva EV, Korenev SV, Prokof'ev AA. [Intra-tissue administration of photosensitizer during photodynamic therapy of basal cell carcinoma of the skin (report 1)]. *Rossiyskiy zhurnal kozhnykh i venericheskikh bolezney*. 2010;(2):4–10. Russian).
25. Таранец ТА, Сухова ТЕ, Романко ЮС. Фотодинамическая терапия базально-клеточного рака кожи с локальным и внутривенным использованием фотосенсибилизатора хлоринового ряда «Фотолон». Альманах клинической медицины. 2007;15:283–8. (Taranets TA, Sukhova TE, Romanko YuS. [Photodynamic therapy of basal cell carcinoma of the skin with local and intravenous administration of chlorine derivative Photolon]. *Al'manakh klinicheskoy meditsiny*. 2007;15:283–8. Russian).
26. Ярославцева-Исаева ЕВ, Каплан МА, Романко ЮС, Сокол НИ. Разработка методики фотодинамической терапии экспериментальной опухоли (саркома М-1) при локальном введении фотосенсибилизатора. Российский биотерапевтический журнал. 2003;2(4):19–22. (Yaroslavtseva-Isaeva EV, Kaplan MA, Romanko YuS, Sokol NI. [Method of photodynamic therapy of experimental tumor (Sarcoma M-1) with local administration of photosensitizer]. *Rossiyskiy bioterapevticheskiy zhurnal*. 2003;2(4):19–22. Russian).
27. Каплан МА, Капинус ВН, Попучиев ВВ, Романко ЮС, Ярославцева-Исаева ЕВ, Спиченкова ИС, Шубина АМ, Боргуль ОВ, Горанская ЕВ. Фотодинамическая терапия: результаты и перспективы. Радиация и риск. 2013;22(3):115–23. (Kaplan MA, Kapinus VN, Popuchiev VV, Romanko YuS, Yaroslavtseva-Isaeva EV, Spichenkova IS, Shubina AM, Borgul' OV, Goranskaya EV. [Photodynamic therapy: results and prospects]. *Radiatsiya i risk*. 2013;22(3):115–23. Russian).
28. Молочков ВА, Снарская ЕС, Поляков ПЮ, Афонин АВ, Сухова ТЕ, Романко ЮС, Хлебникова АН, Таранец ТА, Королева ЛП, Кладова АЮ, Челюканова МВ, Козлова ЕС. К проблеме лечения базалиом кожи. Российский журнал кожных и венерических болезней. 2005;(6):4–9. (Molochkov VA, Snarskaya ES, Polyakov PYu, Afonin AV, Sukhova TE, Romanko YuS, Khlebnikova AN, Taranets TA, Koroleva LP, Kladova AYu, Chelyukanova MV, Kozlova ES. [Treatment of skin basalomas revisited]. *Rossiyskiy zhurnal kozhnykh i venericheskikh bolezney*. 2005;(6):4–9. Russian).
29. Романко ЮС, Коренев СВ, Попучиев ВВ, Вайсбейн ИЗ, Сухова ТЕ. Основы фотодинамической терапии. Калининград; 2010. 136 с. (Romanko YuS, Korenev SV, Popuchiev VV, Vaysbeyn IZ, Sukhova TE. *Principles of photodynamic therapy*. Kaliningrad; 2010. 136 p. Russian).
30. Сухова ТЕ, Молочков ВА, Романко ЮС, Матвеева ОВ, Решетников АВ. Лечение базальноклеточного рака кожи на современном этапе. Альманах клинической медицины. 2008;18:14–21. (Sukhova TE, Molochkov VA, Romanko YuS, Matveeva OV, Reshetnikov AV. [The present day therapy of cutaneous basal cell carcinoma]. *Al'manakh klinicheskoy meditsiny*. 2008;18:13–24. Russian).
31. Цыб АФ, Каплан МА, Романко ЮС, Попучиев ВВ. Клинические аспекты фотодинамической терапии. Калуга: Издательство Н. Бочкаревой; 2009. 204 с. (Tsyb AF, Kaplan MA, Romanko YuS, Popuchiev VV. *Clinical aspects of photodynamic therapy*. Kaluga: Izdatel'stvo N. Bochkarevoy; 2009. 204 p. Russian).
32. Волгин ВН, Странадко ЕФ, Тришкина ОВ, Кабанова МА, Кагоянц РВ. Сравнительная характеристика различных видов лечения базально-клеточного рака кожи. Российский журнал кожных и венерических болезней. 2013;(5):4–10. (Volgin VN, Strnadko EF, Trishkina OV, Kabanova MA, Kagoyants RV. [Comparative characteristics of therapies for cutaneous basal-cell carcinoma]. *Rossiyskiy zhurnal kozhnykh i venericheskikh bolezney*. 2013;(5):4–10. Russian).
33. Молочков ВА, Молочков АВ, Сухова ТЕ, Хлебникова АН, Кунцевич ЖС, Романко ЮС, Дибирова СД, Бочкарева ЕВ. Местная фотодинамическая терапия кератоакантомы. Российский журнал кожных и венерических болезней. 2012;(4):21–4. (Molochkov VA, Molochkov AV, Sukhova TE, Khlebnikova AN, Kuntsevich ZhS, Roman-



ко YuS, Dibirova SD, Bochkareva EV. [Local photodynamic therapy for keratoacanthoma]. *Rossiyskiy zhurnal kozhnykh i venericheskikh bolezney*. 2012;(4):21–4. Russian).

34. Сухова ТЕ, Молочков ВА, Романко ЮС, Чанг-лян КА, Третьякова ЕИ. Фотодинамическая терапия актинического кератоза с аппликационным применением «Фотодитазина». *Российский журнал кожных и венерических болезней*. 2010;(5):4–8. (Sukhova TE, Molochkov VA, Romanko YuS, Changlyan KA, Tret'yakova EI. [Photodynamic therapy for actinic keratosis using

applications of Photodithazine]. *Rossiyskiy zhurnal kozhnykh i venericheskikh bolezney*. 2010;(5):4–8. Russian).

35. Романко ЮС, Каплан МА, Попучиев ВВ, Сурова ЛВ, Эпатова ТВ. Фотодинамическая терапия ревматоидного артрита. Радиация и риск. 2014;23(1):66–77.

(Romanko YuS, Kaplan MA, Popuchiev VV, Surova LV, Epatova TV. [Photodynamic therapy for rheumatoid arthritis]. *Radiatsiya i risk*. 2014;23(1):66–77. Russian).

36. Молочков ВА, Молочков АВ, Романко ЮС, Белый ЮА, Аكوпова КВ, Третьякова ЕИ, Су-

хова ТЕ, Попучиев ВВ. Лазероиндуцированная термотерапия базалиомы. *Российский журнал кожных и венерических болезней*. 2012;(2):6–10.

(Molochkov VA, Molochkov AV, Romanko YuS, Belyu YuA, Akopova KV, Tret'yakova EI, Sukhova TE, Popuchiev VV. [Laser-induced thermotherapy of basal cell carcinoma]. *Rossiyskiy zhurnal kozhnykh i venericheskikh bolezney*. 2012;(2):6–10. Russian).

37. Молочков ВА, Молочков АВ, Романко ЮС, Сухова ТЕ, Третьякова ЕИ, Аكوпова КВ. Применение лазероиндуцированной термотерапии (ЛИТТ) в лечении базалиомы. М.: БИНОМ; 2014. 28 с.

(Molochkov VA, Molochkov AV, Romanko YuS, Sukhova TE, Tret'yakova EI, Akopova KV. *Laser-induced thermotherapy (LITT) for the treatment of basalioma*. Moscow: BINOM; 2014. 28 p. Russian).

38. Молочков ВА, Романко ЮС, Белый ЮА, Аكوпова КВ, Третьякова ЕИ, Сухова ТЕ, Попучиев ВВ. Лазероиндуцированная термотерапия при лечении базалиомы. *Клиническая дерматология и венерология*. 2012;(4):43–7. (Molochkov VA, Romanko YuS, Belyu YuA, Akopova KV, Tret'yakova EI, Sukhova TE, Popuchiev VV. [Laser-induced thermotherapy for basal-cell carcinoma]. *Klinicheskaya dermatologiya i venerologiya*. 2012;(4):43–7. Russian).

39. Moskalik KG, Kozlov AP, Demin EV. High-energy neodymium laser radiation for the treatment of face cutaneous melanoma. *J BUON*. 2010;15(2):389–91.

40. Altshuler GB, Anderson RR, Manstein D, Zenie HH, Smirnov MZ. Extended theory of selective photothermolysis. *Lasers Surg Med*. 2001;29(5):416–32.

41. Laubach HJ, Tannous Z, Anderson RR, Manstein D. Skin responses to fractional photothermolysis. *Lasers Surg Med*. 2006;38(2):142–9.

42. Свиринов ВН, Миков АА. Новые лазерные технологии при терапии онкологических заболеваний: методы и аппаратура. *Фундаментальные исследования*. 2007;(11):34.

(Svirin VN, Mikov AA. [New laser techniques in the treatment of oncological diseases: methods and facilities]. *Fundamental'nye issledovaniya*. 2007;(11):34. Russian).

43. Zhang Y, Sun FL, Zang T. Medication combined with local hyperthermia: a desirable therapy for chronic prostatitis pain symptoms. *Zhonghua Nan Ke Xue*. 2008;14(5):451–3.

44. Takahashi H, Nakajima S, Ogasawara K, Asano R, Nakae Y, Sakata I, Iizuka H. Photodynamic therapy using a novel irradiation source, LED lamp, is similarly effective to photodynamic therapy using diode laser or metal-halide lamp on DMBA- and TPA-induced mouse skin papillomas. *J Dermatol*. 2014;41(8):729–31.

Laser-induced thermotherapy and photodynamic therapy in dermatology: opportunities and future horizons

Molochkov A.V. • Romanko Yu.S. • Kazantseva K.V. • Sukhova T.E. • Popuchiev V.V. • Tret'yakova E.I. • Matveeva O.V. • Kuntsevich Zh.S. • Molochkova Yu.V. • Prokof'ev A.A. • Dibirova S.D.

The article reviews current data on the mechanisms of effects of laser radiation on the body, technical aspects of using different intensities of laser radiation and the effects of the laser on biological tissue. The results of studies of laser radiation as a part of comprehensive treatment of skin diseases including skin tumors are presented. Data on the efficacy and safety of laser therapy are

discussed. Benefits of laser therapy in dermatology include shortening of treatment duration and only limited contraindications. Considering effectiveness, usability and safety of the method, it is regarded as a promising direction in dermatology.

Keywords: laser therapy, skin diseases, laser-induced thermotherapy, photodynamic therapy, skin tumors.

Molochkov Anton Vladimirovich – MD, PhD, Professor, Deputy Director on Science, Educational Work and International Communications¹

✉ 61/2–1 Shchepkina ul., Moscow, 129110, Russian Federation. Tel.: +7 (495) 631 46 54. E-mail: a.molochkov@monikiweb.ru

Romanko Yuriy Sergeevich – MD, PhD, Head of the Administration and Planning Division²

Kazantseva Kristina Vadimovna – Fellow, Department of Skin and Venereal Diseases, Institute for Professional Education³

Sukhova Tat'yana Evgen'evna – MD, PhD, Senior Research Associate, Dermatovenereology and Dermato-Oncology Department¹

Popuchiev Viktor Vasil'evich – MD, PhD, Leading Research Associate, Functional Diagnosis and Therapy Department²

Tret'yakova Elena Igorevna – MD, PhD, Research Associate, Dermatovenereology and Dermato-Oncology Department¹

Matveeva Olesya Vladimirovna – MD, PhD, Associate Professor, Department of Skin and Venereal Diseases, Institute for Professional Education³

Kuntsevich Zhanna Sergeevna – MD, PhD, Associate Professor, Dermatovenereology and Dermato-Oncology Department¹

Molochkova Yuliya Vladimirovna – Research Associate, Dermatovenereology and Dermato-Oncology Department¹

Prokof'ev Aleksandr Aleksandrovich – Junior Research Associate, Dermatovenereology and Dermato-Oncology Department¹

Dibirova Salimat Dibirmukhamedovna – Fellow, Department of Skin and Venereal Diseases, Institute for Professional Education³

¹ Moscow Regional Research and Clinical Institute (MONIKI); 61/2 Shchepkina ul., Moscow, 129110, Russian Federation

² Medical Radiological Research Center; 4 Koroleva ul., Obninsk, 249036, Russian Federation

³ I.M. Sechenov First Moscow State Medical University; 8/2 Trubetskaya ul., Moscow, 119991, Russian Federation