

- between experimental measurements and Monte Carlo simulation // *Med. Phys.* 2007. № 34. PP. 49-57.
3. *Wurfel J.U.* Dose measurements in small fields // *Med. Phys. Int. Jour.* 2013. № 1. PP. 81-90.
 4. *Podgorsak E.B.* Radiation Oncology Physics: A Handbook for Teachers and Students. – Vienna: International Atomic Energy Agency, 2005.
 5. *Buzdar S.A., Rao M.A., Nazir A.* An analysis of depth dose characteristics of photon in water // *J. Ayub Med. Coll. Abbottabad.* 2009. № 21 (4). PP. 41-50.
 6. *Apipunyasopon L., Srisatit S., Phaisangittisakul N.* An investigation of the depth dose in the build-up region, and surface dose for a 6-MV therapeutic photon beam: Monte Carlo simulation and measurements // *J. Radiat. Res.* 2013. № 54 (3). PP. 374-382.
 7. *Ding G.X., Ding F.* Beam characteristics and stopping-power ratios of small radiosurgery photon beam // *Phys. Med. Biol.* 2012. № 17 (57). PP. 55-64.

Александр Викторович Кленевский,
аспирант,

Николай Маркович Богатов,
д-р физ.-мат. наук, профессор, зав. кафедрой,
кафедра физики и информационных систем,
ФГБОУ ВО «Кубанский
государственный университет»,
г. Краснодар,
e-mail: klenevsky@icloud.com

В.А. Никитин, Л.В. Васильева, А.В. Попов

Портативный аппарат для лазерно-ультразвуковой терапии: устройство и применение

Аннотация

Описаны устройство и функциональные возможности физиотерапевтического портативного аппарата для лазерно-ультразвуковой терапии «БИНОМ®-ФИЗИО» ЛУЗТ и опыт его применения в лечении больных с хронической обструктивной болезнью легких (ХОБЛ).

Лечебными факторами аппарата являются импульсное инфракрасное лазерное излучение и ультразвуковое воздействие от источников, расположенных в матричном блоке излучения.

Разработка аппарата позволила практически реализовать новый физиотерапевтический метод одновременного (сочетанного) воздействия низкоинтенсивным лазерным излучением и ультразвуком.

Клиническая апробация аппарата продемонстрировала высокую медико-экономическую эффективность: его применение в комплексном лечении позволяет достигнуть более выраженного клинического эффекта, увеличения количества отделяемой мокроты за сутки, улучшения показателей периферической крови, достоверного улучшения функции внешнего дыхания.

Введение

Одним из актуальных направлений развития экспериментальной и клинической медицины является разработка методов и аппаратуры для одновременного (сочетанного) применения нескольких лечебных физиотерапевтических факторов. Сочетанное воздействие имеет преимущества перед их раздельным и комбинированным использованием, за счет суммирования эффектов от сочетаемых физических факторов, действующих на одни и те же физиологические системы, и ряда других механизмов воздействия [1].

Ультразвуку (УЗ) и низкоинтенсивному лазерному излучению (НИЛИ) присущи ряд одинаковых терапевтических эффектов и схожее влияние на многие системы организма и важнейшие процессы жизнедеятельности [2].

Механизм одновременного воздействия ультразвуковой терапии и инфракрасного облучения основан на синергизме их действия. Сочетанное воздействие этих факторов приводит к значительному улучшению кровообращения в поверхностных и глубокорасположенных тканях, активизации метаболизма в клетках и тканях, противовоспалительному и противоаллергическому действию, стимуляции иммунологических факторов в тканях и организме в целом, противовоспалительному действию. Также сочетанное применение данных методик приводит к ускорению регенерации тканей, увеличению количества лекарственного вещества, проникающего при сочетанном воздействии, и глубины его проникновения в ткани организма. Наличие данных эффектов послужило основанием для совместного (сочетанного) применения НИЛИ и ультразвука [3].

Высокая эффективность лазерно-ультразвуковой терапии внутренних болезней была доказана клиническими исследо-

ваниями. Отмечен положительный эффект при лечении болезнью легких, улучшается отхождение мокроты [4].

В предыдущих работах больным проводилось комплексное воздействие в один день ультразвуком и лазером ИК-спектра. Сначала проводили ультразвуковую терапию с помощью аппарата УЗТ-101. Лазерное воздействие проводили аппаратом из серии лазерной физиотерапевтической аппаратуры «ЛАЗМИК» [5].

Очевидно, что применение данной методики имеет определенные ограничения (необходимо два разных прибора; желательно, чтобы они находились в одном кабинете; требуется настройка и обслуживание каждого, дополнительное место и т. д.). При расположении аппаратов в разных физиотерапевтических кабинетах требуется дополнительный медицинский персонал, создается больше неудобств для пациента. Отсутствие на российском рынке аппарата, который позволял бы совместить в себе две данные методики воздействия, затрудняет применение сочетанной лазерно-ультразвуковой терапии.

Именно данные факты привели к созданию аппарата физиотерапевтического портативного (АФП) для лазерно-ультразвуковой терапии «БИНОМ®-ФИЗИО» ЛУЗТ [6], [7]. Это компактный физиотерапевтический аппарат, выполненный в виде блока излучения, содержащего пьезокерамический излучатель и матрицу лазерных диодов для генерации УЗ и ЛИ, соответственно работающего от сетевого адаптера.

Лечебными факторами аппарата являются импульсное инфракрасное лазерное излучение (ЛИ) и ультразвуковое излучение (УЗ) от источников, расположенных в матричном блоке излучения. Он предназначен для лечения больных с различной патологией путем раздельного комбинированного или сочетанного воздействия импульсным ЛИ ближнего инфракрасного (ИК) диапазона и (или) высокочастотным УЗ-излу-

чением постоянного или импульсного действия. Аппарат успешно применяется при лечении заболеваний органов дыхания, суставов, остеохондроза, трофических язв для улучшения регенерации [7].

АФП предназначен для работы в стационарных условиях для применения в клиниках, лечебно-диагностических центрах, поликлиниках, сельских больницах, санитарных частях, госпиталях, амбулаториях, санаториях, профилакториях. Допускается самостоятельное использование на дому по рекомендации и под наблюдением врача. Лазерная и ультразвуковая терапия применяются как самостоятельные виды лечения, в сочетании с медикаментозной терапией, а также в комбинации с другими методами лечения. Аппарат можно также использовать для методик ультрафонофореза, лазерофонофореза. Эксплуатация разрешена только в закрытых помещениях при температуре $+10...+35\text{ }^{\circ}\text{C}$ и атмосферном давлении 630...800 мм рт. ст. при относительной влажности не более 80 % [7].

Материалы и методы

Для оценки эффективности применения АФП для лазерно-ультразвуковой терапии «БИНОМ®-ФИЗИО» ЛУЗТ в пульмонологическом отделении БУЗ ВО «ВГКБ № 20» г. Воронеж было обследовано 68 больных с диагнозом ХОБЛ, средняя степень тяжести, фаза обострения. Больные были разделены на две группы. Первая группа (основная) состояла из 36 человек. Во вторую группу (контрольную) вошли 32 человека.

Пациенты всех групп получали необходимую базисную медикаментозную терапию в соответствии с рекомендациями Глобальной инициативы по хронической обструктивной болезни легких (GOLD, 2014).

При этом больным основной группы проводилось комплексное воздействие в один день ультразвуком и лазером ИК-спектра (лазерно-ультразвуковая терапия).

Сначала проводили ультразвуковую терапию с помощью физиотерапевтического портативного аппарата для лазерно-ультразвуковой терапии «БИНОМ®-ФИЗИО» ЛУЗТ на грудную клетку, на два паравerteбральных поля слева и справа, по 2 мин на каждую (рис. 1). Частота колебаний составляла 880 кГц, интенсивность – $0,4\text{ Вт/см}^2$, режим непрерывный или импульсный, способ контактный.

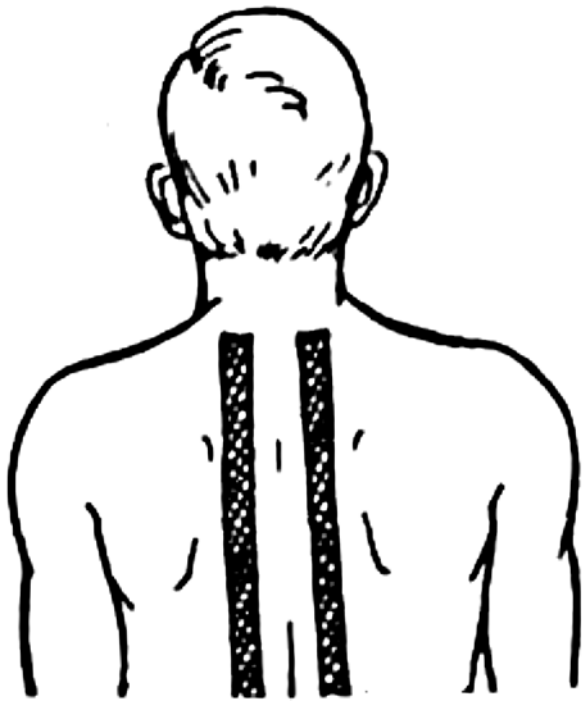


Рис. 1. Поля воздействия УЗ-терапией

Всего на курс приходилось 8...10 процедур, ежедневно, в сочетании с НИЛИ ИК-спектра по описанной ниже методике.

Лазерное воздействие проводили АФП «БИНОМ®-ФИЗИО» ЛУЗТ.

Воздействие осуществляли по пяти полям: 1-я точка – поле Кренига справа; 2-я точка – поле Кренига слева; 3-я точка – по срединной линии в области средней трети грудины; 4-я точка – правая кубитальная ямка; 5-я точка – левая кубитальная ямка (рис. 2).

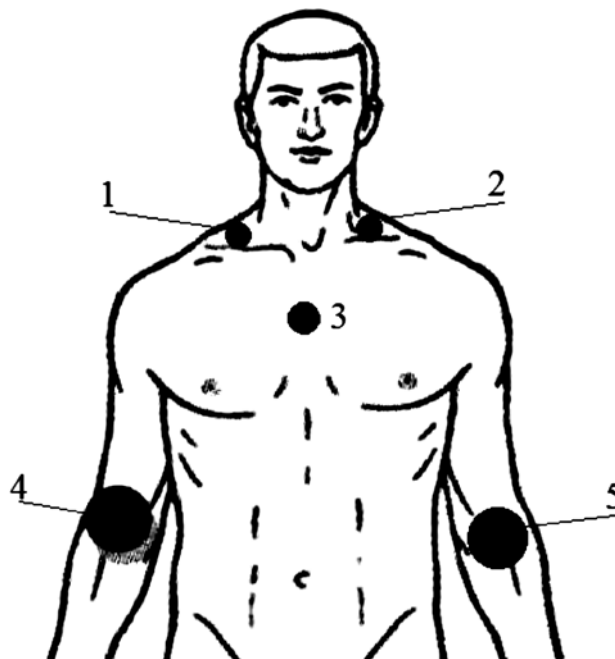


Рис. 2. Поля воздействия НИЛИ

На каждое поле воздействовали 2 мин в следующем режиме: импульсная мощность – 50 Вт; частота следования импульсов: 1-я процедура – 80 Гц; 2-я процедура – 500 Гц; 3-я – 1500 Гц, 4-я – 3000 Гц, остальные процедуры – по 5000 Гц.

Для уменьшения нагрузки на пациента и общей продолжительности процедуры при сочетании двух методов лечения было уменьшено количество точек воздействия по сравнению с общепринятыми методиками. Общая длительность процедуры не превышала 10 мин.

Всего на курс лечения приходилось 8...10 процедур совместно с УЗ-терапией по вышепредложенной методике и медикаментозной терапией согласно современным рекомендациям.

Комплексное клиничко-лабораторное обследование больных проводилось при поступлении в стационар и на 10...12-е сутки.

Сравнение показателей проводилось с группой пациентов, состоящей из 28 человек (контрольная группа), которым проводилось комплексное лечение, включавшее в себя базисную медикаментозную терапию в соответствии с рекомендациями GOLD-2014 и плацебо-процедуры лазерно-ультразвукового воздействия при выключенном аппарате.

Статистическая обработка полученных результатов была выполнена на персональном компьютере с использованием стандартных статистических методов и пакета программ STATGRAPHICS Plus 5.1.

Результаты исследования

Изучение динамики клинических показателей у больных ХОБЛ в результате проведенного лечения показало во всех группах снижение частоты клинических симптомов: уменьшение количества кашля, улучшение отделения мокроты на 5...6-й день и уменьшение ее количества к концу курса лечения, уменьшение одышки. Вместе с тем, у больных основной группы изменение количества мокроты в процессе лечения было значимо и достоверно больше, чем у пациентов контрольной группы. Выраженность уменьшения одышки также

была значимо и достоверно больше ($p = 0,0012$), чем у пациентов в контрольной группе по шкале Borg и шкале MRC. Одышка уменьшилась с ($3,12 \pm 0,56$) до ($1,43 \pm 0,58$) балла (по шкале Borg), с ($2,3 \pm 0,11$) до ($1,02 \pm 0,05$) балла (по шкале MRC), а в контрольной группе с ($3,0 \pm 0,07$) до ($2,1 \pm 0,07$) балла (по шкале Borg, $p = 0,0122$), с ($2,2 \pm 0,07$) до ($1,9 \pm 0,06$) балла (по шкале MRC, $p = 0,0386$).

После проведенного лечения у больных основной группы показатель САТ-теста снизился с 20,7 до 14,3 баллов, что характеризует умеренное влияние заболевания на жизнь пациента ($p < 0,001$). Изменился показатель САТ-теста и в контрольной группе, но незначительно, оставшись на границе значений умеренного и сильного влияния на жизнь пациента: с 21,2 до 18,5 баллов ($p > 0,1$).

Уменьшение кашля также было значимо и достоверно больше в основной группе ($p = 0,00153$), с ($3,26 \pm 0,7$) до ($1,24 \pm 0,52$) балла, тогда как в контрольной группе – с ($2,98 \pm 0,65$) до ($2,66 \pm 0,6$) балла ($p = 0,0983$).

На фоне проводимой терапии в основной группе улучшилось отхождение мокроты с ($2,77 \pm 0,14$) до ($1,62 \pm 0,07$) балла ($p = 0,00045$). В то же время в контрольной группе после лечения количество отхождение мокроты составляло ($2,04 \pm 0,09$) балла [при поступлении – ($2,56 \pm 0,10$) балла], где $p = 0,0192$. Достоверное различие между основной и контрольной группами после лечения составляло $p = 0,012$.

При анализе клинических симптомов у больных основной группы, получавших курс лазерно-ультразвуковой терапии, отмечалось улучшение сна и общего самочувствия уже после 2...3-й процедуры. После 5...6-й процедуры повышалась физическая активность пациентов, улучшался сон ($p < 0,05$), купирование приступов кашля наступало на ($2,8 \pm 0,3$) день ($p < 0,05$); улучшение отхождения мокроты – на ($3,2 \pm 0,22$) день ($p < 0,05$), повышение физической активности – на ($5,2 \pm 0,16$) день ($p < 0,01$), нормализация сна – на ($5,2 \pm 0,5$) день ($p < 0,05$).

У больных контрольной группы выраженность одышки и кашля также уменьшалась, однако время регрессии симптомов затягивалось на 5...7 дней. Физическая активность повышалась к концу курса лечения, сон не нормализовался более чем у половины пациентов.

Итак, включение лазерно-ультразвуковой методики в стандартный комплекс лечебных мероприятий у больных ХОБЛ приводит к более выраженной регрессии симптомов и более ранней положительной динамике, чем при традиционной медикаментозной терапии.

При изучении динамики лабораторных показателей видно, что достоверное уменьшение числа лейкоцитов наблюдалось в группе больных, получавших лазерно-ультразвуковую терапию в комплексном лечении – на $5,4 \cdot 10^9 / л$ ($p < 0,05$), снижение СОЭ – на 12,3 мм/ч ($p < 0,05$).

Применение комбинированной лазерно-ультразвуковой терапии по сравнению с группой больных, получавших медикаментозную терапию и процедуры «плацебо», показало достоверное улучшение функции внешнего дыхания.

По мере улучшения состояния больных на фоне лечения уменьшалась потребность в короткодействующих бронхолитиках, что позволило уменьшить разовые и суточные дозы. Исходно 100 % больных получали короткодействующие бронхолитики хотя бы один раз в сутки. К концу курса лечения в основной группе потребность в короткодействующих бронхолитиках сохранилась лишь у 52,4 % больных, в контрольной – у 67,2 % больных, что свидетельствует о более высокой эффективности предложенного способа лечения.

Заключение

Несомненными преимуществами АФП для лазерно-ультразвуковой терапии «БИНОМ®-ФИЗИО» являются: возможность проведения одновременной или поочередной лазерно- и УЗ-терапии с использованием лишь одного аппарата, портативность, удобство применения.

Использование лазерно-ультразвуковой терапии в комплексном лечении больных ХОБЛ позволяет достигнуть максимального клинического эффекта, увеличения количества отделяемой мокроты. Улучшаются показатели периферической крови. Отмечено достоверное улучшение функции внешнего дыхания. Использование лазерно-ультразвуковой терапии приводит к снижению суточной потребности в короткодействующих бронхолитиках.

Список литературы:

1. Улащик В.С. Очерки общей физиотерапии. – Минск: Наука и техника, 1994. 41 с.
2. Никитин А.В., Есауленко И.Э., Васильева Л.В. Лазеротерапия / Монография. – Воронеж: Издательско-полиграфический центр «Научная книга», 2014. С. 122-123.
3. Никитин В.А., Попов А.В., Титова Л.А., Васильева Л.В., Тихова Ю.С. Лазерно-ультразвуковой метод экспекторации мокроты в комплексном лечении хронической обструктивной болезни легких // Лазерная медицина. 2016. Т. 20. Вып. 4. С. 24-28.
4. Авдеев С.Н., Гусева Н.А., Нуралиева Г.С. Эффективность метода высокочастотных колебаний грудной стенки при обострении хронической обструктивной болезни легких // Пульмонология. 2016. Т. 26. № 4. С. 466-472.
5. Москвин С.В. Эффективность лазерной терапии. Серия «Эффективная лазерная терапия». Т. 2. – Москва-Тверь: ООО «Издательство «Триада», 2014. 335 с.
6. Регистрационное удостоверение на медицинское изделие от 4 декабря 2017 года № РЗН 2017/6501.
7. Аппарат физиотерапевтический портативный для лазерно-ультразвуковой терапии «БИНОМ®-ФИЗИО» ЛУЗТ / Паспорт и инструкция по эксплуатации АТУД.941536.012-01 ПС. Калуга, 2017. С. 3-4.

Владимир Анатольевич Никитин,
канд. мед. наук, ассистент,
Людмила Валентиновна Васильева,
д-р мед. наук, профессор, зав. кафедрой,
кафедра терапии ИДПО,
Александр Васильевич Попов,
ассистент,
кафедра пропедевтики внутренних болезней,
ФГБОУ ВО «Воронежский государственный
медицинский университет им. Н.Н. Бурденко»
Министерства здравоохранения РФ,
г. Воронеж,
e-mail: ludmilvasil@mail.ru