ISSN 1810-200X



# MEGNUNITCKASI PANSANTANA

техника 💠 биология 💠 клиника



# MEMUHHCKASI PINCHARA MEMUHHCKASI

ТЕХНИКА + БИОПОГИЯ + КПИНИКА

**№** 2. 2024

### Периодическое научно-техническое издание выпускается с 1995 года

Журнал включен в Научную электронную библиотеку и Российский индекс научного читирования (РИНЦ), включен в CrossRef, все статьи индексируются с помощью чифрового идентификатора DOI.

Журнал включен в перечень ВАК (категория К2) ведуших рецензируемых научных журналов, рекомендованных для опубликования результатов диссертационных исследований.

Журнал вошел в Перечень Russian Science Citation Index (RSCI), размешенный на платформе Международной библиографической базы данных Web of Science.

#### Редакционная коллегия:

Главный редактор Б.Я. НАРКЕВИЧ (д.т.н.)

Зам. главного редактора,

научный и выпускающий редактор И.М. ПЕБЕДЕНКО (д.б.н.)

Ответственный секретарь Н.А. АНТИПИНА

**Чпены редакционной коппегии:** С.В. Акупиничев (д.ф.-м.н.), А.А. Вайнсон (д.б.н.),

А.Н. Гольцов (д.ф.-м.н.), В.А. Гурвич (PhD, США),

П.Я. Клеппер (д.т.н.), Т.А. Крылова,

М.А. Кузнецов (к.ф.-м.н.), А.А. Пипенгольц (к.ф.-м.н.),

А.Н. Моисеев (к.ф.-м.н.), И.В. Назаров (к.т.н.), Ю.А. Пирогов (д.ф.-м.н.), Д.А. Рогаткин (д.т.н.),

В.В. Розанов (д.б.н.), П. Руссо (Dr. Sci. Med., PhD, Италия),

Ю.П. Рыбаков (д.б.н.), С.А. Рыжов, Е.С. Сухих (к.ф.-м.н.),

С. Табаков (MSc, Dr. Sci. Tech., Великобритания),

И.Г. Тарутин (д.т.н., Белоруссия), А.В. Хмелев (д.ф.-м.н.),

В.С. Хорошков (д.т.н.), А.П. Черняев (д.ф.-м.н.)

#### РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ:

С.М. Ватницкий, А.В. Важенин, Ю.С. Мардынский, В.Я. Панченко. В.С. Скуридин

Свидетельство о регистрации средства массовой информации ПИ № ФС77-52933 выдано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций.

Учредитель и издатель журнала — Общероссийский союз общественных объединений "Ассоциация медицинских физиков России".

Журнал основан в 1995 году как официальный орган Ассоциации медицинских физиков России (АМФР) для опубликования широкого спектра новейшей информации о медико-физических технологиях и аппаратуре в областях лучевой диагностики, лучевой терапии, ядерной медицины, пазерной медицины, радиационной безопасности, медицинской биофизики, гипертермии, магнитотерапии и других областях взаимодействия физики и медицины. В журнале также публикуются материалы по организационно-экономическим и образовательным проблемам медицинской физики.

Редакционная колпегия принимает для рассмотрения материалы, оформленные в соответствии с опубликованными правилами.

Все представленные для опубликования материалы проходят независимое научное рецензирование. Редакционная коллегия оставляет за собой право редакторской правки материалов.

Журнал содержит научную, научно-техническую и статистическую информацию.

Попное или частичное воспроизведение или размножение каким бы то ни было способом материалов, опубликованных в настоящем издании, допускается только с письменного разрешения редакции журнала "Медицинская физика".

Адрес 115478 Москва, Каширское ш., д. 23, НМИЦ онкологии им. Н.Н. Блохина,

редакции журнала Б-2, АМФР

Тепефон/факс (499) 324-10-54

**Web** medphys.amphr.ru **E-mail** publisher@amphr.ru

#### ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

Редакция принимает к печати статьи, обзоры, сообщения, рецензии, рефераты зарубежных статей, удовлетворяющие следующим правилам:

- ✓ В начале статьи должна содержаться спедующая информация на русском и английском языках: название статьи; фамилии и инициалы авторов; названия учреждений для каждого из авторов, ключевые слова, аннотация.
- ✓ Статья имеет спедующие разделы: Введение, Материал и методы, Результаты и обсуждение, Выводы (Заключение), Список литературы.
- ✓ Рисунки и таблицы озаглавлены и пронумерованы. Все подписи на рисунках выполнены на русском языке.
- √ Тоновые рисунки, фотографии четкие, контрастные, черно-белые и цветные, сохранены в формате TIFF или JPEG с разрешением не менее 300 пикс/дюйм.
- $\checkmark$  Принятые к печати статьи с цветными иллюстрациями доступны в электронном виде на сайте журнала и H35 eLIBRARY.RU.
- ✓ В списке питературы все источники указаны с полными выходными данными.
- $\checkmark$  Указан адрес для отправки журнала, телефон, факс, адрес электронной почты авторов.

Статьи принимаются в формате MS Word.

С более подробными правилами оформления статей можно ознакомиться на сайте журнала "Медицинская физика". В № 1 журнала за 2024 г. опубликованы правила оформления статей, соответствующие требованиям международной библиографической базы данных Scopus.

СОДЕРЖАНИЕ 3

### СОДЕРЖАНИЕ

#### CONTENTS

#### НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ "СКОБЕЛКИНСКИЕ ЧТЕНИЯ. ЛАЗЕРНЫЕ И ОПТИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЭНДОСКОПИИ И ЭНДОСКОПИЧЕСКОЙ ХИРУРГИИ"

Применение фотоактивированного излучением фотосенсибилизатора хлоринового ряда для лечения внутрибольничных пневмоний Ю.В. Алексеев, В.С. Ширяев, А.М. Хосровян, О.В. Миславский, Е.А. Максимцева

Исследование параметров крово- и лимфотока в области лазерной раны кожи при воздействии волоконного гольмиевого лазера В.В. Асташов, П.В. Новокрещенов, В.И. Козлов, В.А. Дуванский, М.С. Копьева, С.А. Филатова, И.А. Ерохина, А.А. Борхунов

Лазерная доплеровская флоуметрия в изучении микроциркуляции кожи при различных видах анестезии у детей В.Г. Багаев, В.А. Карташев, Т.С. Сабинина, И.Ф. Острейков, А.Ю. Джанмирзоева, Э.С. Иванина

Эндоскопическое лечение доброкачественных стенозов дыхательных путей с помощью гольмиевого лазера Ш.А. Басханов, Ю.С. Тетерин, П.А. Ярцев

Первый опыт применения фотодинамической терапии в лечении метаплазии слизистой оболочки пищевода у детей С.М. Батаев, С.П. Соснова, Д.В. Хаспеков, А.В. Решетников, А.Н. Осипов, И.В. Зябкин, А.С. Батаев, М.В. Цаца

Анализ влияния секретома ММСК на микроциркуляцию при регенерации кожной ожоговой раны Е.Н. Борхунова, А.А. Усачева, В.В. Асташов

Преимущества эндоскопического лечения пациентов со сложным холедохолитиазом с применением современных лазерных технологий С.А. Будзинский, С.Г. Шаповальянц, М.А. Анищенко, М.В. Мурашкина, Е.А. Воробьева, О.А. Щипков, Е.Д. Федоров

Эндоскопическая оптическая когерентная томография в диагностике заболеваний толстой кишки

Е.В. Великанов, С.Г. Терещенко, Л.Г. Лапаева

Возможности диагностической риноэндоскопии в практике оториноларинголога детской поликлиники П.Н. Волотов

Использование лазерных технологий при лечении поражений кровеносных сосудов в области головы и шеи у детей Е.Ю. Гавеля, В.В. Рогинский, А.Г. Надточий

Комбинированная лазерная фотодеструкция – способ эффективного лечения пиогенной гранулемы у детей Э.Н. Гасанова, Н.Е. Горбатова, О.О. Саруханян, А.В. Брянцев

Современные лазерные технологии при лечении венозной мальформации головки полового члена. Клиническое наблюдение Э.Н. Гасанова, Н.Е. Горбатова, О.О. Саруханян, А.В. Брянцев

9 SCIENTIFIC CONFERENCE "SKOBELKIN READINGS. LASER AND OPTICAL TECHNOLOGIES IN ENDOSCOPY AND ENDOSCOPIC SURGERY"

10 A Photosensitizer of Chlorin Series Photoactivated for Treating Hospital Pneumonia Yu.V. Alekseev, V.S. Shiryaev, A.M. Khosrovyan, O.V. Mislavskiy, E.A. Maximtseva

11 Investigation of Blood and Lymph Flow Parameters in the Area of a Laser Wound of the Skin Under the Influence of a Fiber Holmium Laser V.V. Astashov, P.V. Novokreshchenov, V.I. Kozlov, V.A. Duvanskiy, M.C. Kopyeva, S.A. Filatova, I.A. Erokhina, A.A. Borkhunov

11 Laser Doppler Flowmetry in the Study of Skin Microcirculation in Various Types of Anesthesia in Children V.G. Bagaev, V.A. Kartashev, T.S. Sabinina, I.F. Ostreikov, A.Yu. Dzhanmirzoeva, E.S. Ivanina

12 Endoscopic Treatment of Benign Airway Stenosis Using Holmium Laser Sh.A. Baskhanov, Yu.S. Teterin, P.A. Yartsev

13 First Experience of Using Photodynamic Therapy in the Treatment of Esophagal Mucosal Metaplasia in Children S.M. Bataev, S.P. Sosnova, D.V. Khaspekov, A.V. Reshetnikov, A.N. Osipov, I.V. Zyabkin, A.S. Bataev, M.V. Tsatsa

14 Analysis of the Effect of the MMSC Secretome on Microcirculation During Regeneration of a Skin Burn Wound E.N. Borkhunova, A.A. Usacheva, V.V. Astashov

Advantages of Endoscopic Treatment of Patients with Complex Choledocholithiasis Using Modern Laser Technologies S.A. Budzinsky, S.G. Shapovaliants, M.A. Anishchenko, M.V. Murashkina, E.A. Vorobyeva, O.A. Shchipkov, E.D. Fedorov

16 Endoscopic Optical Coherence Tomography in the Diagnosis of Colon Disease E.V. Velikanov, S.G. Tereshchenko, L.G. Lapaeva

16 Possibilities of Diagnostic Rhinoendoscopy in the Practice of an Otorhinolaryngologist at a Children's Polyclinic *P.N. Volotov* 

17 Application of Laser Technologies in the Treatment of Vascular Lesions of the Head and Neck in Children E.Yu. Gavelya, V.V. Roginsky, A.G. Nadtochy

18 Combined Laser Photodestruction is a Method of Effective Treatment of Pyogenic Granuloma in Children E.N. Gassanova, N.E. Gorbatova, O.O. Sarukhanyan, A.V. Bryantsev

19 Modern Laser Technologies in the Tretment of Venous Malformation of the Glans Penis E.N. Gassanova, N.E. Gorbatova, O.O. Sarukhanyan, A.V. Bryantsev 4 CONTENTS

Применение лазерного воздействия зеленого спектра для стимуляции регенерации мышечной ткани после хирургического повреждения Е.С. Головнева, Р.В. Тахавиев, Г.В. Брюхин

- Состояние кожной микроциркуляции у часто болеющих респираторными заболеваниями детей 4–7 лет О.А. Гурова
- Перспектива лазеротерапии комплексным излучением лазерного медицинского аппарата "Ливадия" для лечения послеоперационных осложнений эпителиального копчикового хода у детей М.А. Дворникова, Н.Е. Горбатова, А.В. Брянцев, Р.Т. Налбандян, А.А. Сироткин, Г.П. Кузьмин
- Интерстициальная селективная лазерная фотодеструкция эффективный и радикальный способ лечения детей с осложненной кровотечением очаговой формой гемангиом А.Г. Дорофеев, Н.Е. Горбатова, А.В. Брянцев, И.В. Батунина
- Технология спектрального цветового выделения в оценке колоректальных неоплазий В.А. Дуванский, А.В. Белков, Н.А. Романчук
- Применение фотосенсибилизаторов производных фталоцианина алюминия и хлорина Е6 для фотодинамической терапии ран и язв В.А. Дуванский, М.М. Гутоп
- Эффективность лазерной доплеровской флоуметрии в оценке микроциркуляции у больных хронической венозной недостаточностью В.А. Дуванский, М.М. Гутоп, М.М. Мусаев
- Аутофлуоресцентная диагностика эпителиальных образований верхних отделов желудочно-кишечного тракта В.А. Дуванский, М.В. Князев, А.В. Белков
- Аутофлуоресцентная диагностика эпителиальных образований нижних отделов желудочно-кишечного тракта В.А. Дуванский, М.В. Князев, А.В. Белков
  - Антибактериальная фотодинамическая терапия ран с фотосенсибилизатором производным хлорина Е6 в комбинации с амфифильными полимерами и гидроксиапатитом В.А. Дуванский, Е.Ф. Шин, М.М. Гутоп
    - Возможности оптической когерентной томографии в диагностике заболеваний шейки матки Р.А. Дуванский, В.А. Дуванский
    - Лазерная остеоперфорация в лечении хронического огнестрельного остеомиелита А.В. Есипов, А.В. Алехнович, В.П. Минаев, А.Н. Забродский, П.С. Маркевич
  - Диагностика поверхностных эпителиальных новоообразований слизистой оболочки желудка с применением конфокальной лазерной эндомикроскопии М.О. Завьялов, А.Г. Шулешова, Е.В. Потехина, З.Н. Голикова
  - Ремоделирование рубцовых деформаций кожи у детей с использованием импульсно-периодического  $\mathrm{CO}_2$  лазера С.А. Золотов, Н.Е. Горбатова, А.В. Брянцев, С.М. Никифоров, Я.О. Симановский, А.В. Пенто

- 19 The Use of Laser Exposure to Green Radiation to Stimulate the Regeneration of Muscle Tissue After Surgical Damage E.S. Golovneva, R.V. Takhaviev, G.V. Briukhin
- 20 Condition of Skin Microcirculation in Children with Frequent Respiratory Diseases Aged 4-7 Years O.A. Gurova
- 21 The Prospective of The Use of the Multy-Wave Laser Medical Device Livadia for the Pilonidal Cyst Surgical Complications Treatment in Children M.A. Dvornikova, N.E. Gorbatova, A.V. Bryncev, R.T. Naldandyn, A.A. Sirotkin, G.P. Kuzmin
- 22 Interstitial Selective Laser Photodestruction is an Effective and Radical Method of Treating Children with Bleeding-Complicated Focal Hemangiomas A.G. Dorofeev, N.E. Gorbatova, A.V. Bryantsev, I.V. Baturina
- 22 The Technology of Spectral Color Selection in the Assessment of Colorectal Neoplasia V.A. Duvanskiy, A.V. Belkov, N.A. Romanchuk
- 23 Application of Photosensitizers Derivatives of Aluminum Phthalocyanine and E6 Chlorine for Photodynamic Therapy of Wounds and Ulcers *V.A. Duvanskiy, M.M. Gutop*
- 24 Effectiveness of Laser Doppler Flowmetry in Assessing Microcirculation in Patients with Chronic Venous Insufficiency V.A. Duvanskiy, M.M. Gutop, M.M. Musaev
- 25 Autofluorescence Diagnostics of Gastric Epithelial Formations of the Upper Gastrointestinal Tract V.A. Duvanskiy, M.V. Knyazev, A.V. Belkov
- 26 Autofluorescence Diagnostics of Epithelial Formations of the Lower Gastrointestinal Tract V.A. Duvanskiy, M.V. Knyazev, A.V. Belkov
- 27 Antibacterial Photodynamic Therapy of Wounds with Photosensitizer E6 Chloride Derivative Complexed with Amphiphilic Polymers and Hydroxyapatite

  V.A. Duvanskiy, E.F. Shin, M.M. Gutop
- 27 The Possibilities of Optical Coherence Tomography in the Diagnosis of Cervical Diseases R.A. Duvanskiy, V.A. Duvanskiy
- 28 Laser Osteoperforation in the Treatment of Chronic Gunshot Osteomyelitis A.V. Esipov, A.V. Alehnovich, V.P. Minaev, A.N. Zabrodskiy, P.S. Markevich
- 29 Diagnostics Superficial Epithelial Lesion of the Gastric Mucosa Using Confocal Laser Endomicroscopy M.O. Zavyalov, A.G. Shuleshova, E.V. Potekhina, Z.N. Golikova
- 30 Remodeling of Scar Skin Deformities in Children Using Pulsed Periodic CO<sub>2</sub> Laser S.A. Zolotov, N.Ye. Gorbatova, A.V. Bryantsev, S.M. Nikiforov, Ya.O. Simanovsky, A.V. Pento

СОДЕРЖАНИЕ 5

Внутрисосудистое лазерное облучение крови в лечении острого панкреатита Д.Н. Исаев, С.М. Игнатьев, Р.Ф. Ахметзянов, Д.А. Якимов

Применение мультимодального подхода в оптической спектроскопии для анализа функционального состояния печени при механической желтухе К.Ю. Кандурова, В.Н. Приземин, Д.С. Сумин, А.В. Мамошин, Е.В. Потапова

- Лазерная скульптурная увулопалатопластика эффективный метод лечения больных ронхопатией и синдромом обструктивного апноэ сна В.Б. Князьков
  - Лазерные технологии в лечении сосудистых звездочек (телеангиоэктазий) нижних конечностей, кожи лица О.И. Ковчур, П.И. Ковчур, А.И. Фетюков
  - Дифференцированный подход к лазерной и радиоволновой хирургии в лечении интраэпителиальных неоплазий шейки матки, влагалища и вульвы П.И. Ковчур, О.И. Ковчур, А.И. Фетюков
  - Лазеротерапия в комплексном лечении цервикальных, вагинальных и вульварных интраэпителиальных неоплазий П.И. Ковчур, О.И. Ковчур, А.И. Фетюков
- Спектроскопический интраоперационный метод оценки сатурации биологических тканей кислородом при резекции трахеи и пищевода А.А. Кривецкая, Д.М. Кустов, В.Д. Паршин, С.В. Осминин, Е.В. Евентьева, М.А. Урсов, А.В. Марийко, В.В. Левкин, Т.А. Савельева
- Интраоперационная фотодинамическая терапия и фотодинамический контроль при комбинированном лечении местнораспространенного рака толстой кишки И.В. Крочек, Р.Д. Ибатуллин, А.В. Лаппа, А.Е. Анчугова
  - Исследование микроциркуляции в коже с помощью лазерной доплеровской флоуметрии после введения мезонитей в сочетании с полидезоксирибонуклеотидами А.С. Кубаева, В.В. Асташов, Э.А. Баткаев, И.А. Ерохина, А.С. Белобородов
    - Применение метода внутрипросветной эндоскопической фотодинамической терапии в лечении онкологических пациентов многопрофильного стационара С.М. Лобач, А.В. Ванян, А.В. Добрун, Д.В. Распереза, Д.А. Творогов
- Эффективность метода фотодинамической терапии при раке пищевода В.Н. Мельникова, С.В. Росинский, В.О. Тимошенко
- Экспериментальная оценка степени повреждения стенки желчных протоков тулиевым волоконным лазером с функцией автоматического определения типа ткани М.В. Мурашкина, С.А. Будзинский, С.Г. Шаповальянц, Л.М. Михалева, К.С. Маслёнкина, А.И. Хижняк, В.А. Андреева, О.И. Байцаева, Е.Д. Федоров

- 31 Intravascular Laser Blood Irradiation for the Treatment of Acute Pancreatitis D.N. Isaev, S.M. Ignatev, R.F. Akhmetzyanov, D.A. Yakimov
- 31 Application of Multimodal Approach to Optical Spectroscopy for Analyzing the Functional State of the Liver in Obstructive Jaundice K.Y. Kandurova, V.N. Prizemin, D.S. Sumin, E.V. Potapova, A.V. Mamoshin
- 32 Laser Sculptural Uvulopalatoplasty an Effective Method of Treating Patients with Ronchopathy and Obstructive Sleep Apnea Syndrome V.B. Knyazkov
- 33 Laser Technologies in the Treatment of Vascular Stars (Telangiectasias) of the Lower Extremities, Facial Skin O.I. Kovchur, P.I. Kovchur, A.I. Fetyukov
- 34 Differentiated Approach to Laser and Radio Wave Surgery in the Treatment of Intraepithelial Neoplasia of the Cervix, Vagina and Vulva P.I. Kovchur, O.I. Kovchur, A.I. Fetyukov
- 34 Laser Therapy in Complex Treatment of Cervical, Vaginal and Vulvar Intraephelial Neoplasia P.I. Kovchur, O.I. Kovchur, A.I. Fetyukov
- 35 Spectroscopic Intraoperative Method for Assessing the Oxygen Saturation of Biological Tissues During Resection of Trachea and Esophagus A.A. Krivetskaya, D.M. Kustov, V.D. Parshin, S.V. Osminin, E.V. Eventeva, M.A. Ursov, A.V. Mariyko, V.V. Levkin, T.A. Savelieva
- 36 Intraoperative Photodynamic Therapy and Photodynamic Control in Combined Treatment of Locally Advanced Colon Cancer I.V. Krochek, R.D. Ibatullin, A.V. Lappa, A.E. Anchugova
- 37 Investigation of Microcirculation in the Skin Using Laser Doppler Flowmetry after the Introduction of Mesonites in Combination with Polydeoxyribonucleotides A.S. Kubaeva, V.V. Astashov, E.A. Batkaev, I.A. Erokhina. A.S. Beloborodov
- 37 Application of the Method of Intraluminal Endoscopic Photodynamic Therapy in the Treatment of Cancer Patients in a Multidisciplinary Hospital S.M. Lobach, A.V. Vanyan, M.V. Dobrun, D.V. Raspereza, D.A. Tvorogov
- 38 Effectiveness of Photodynamic Therapy Method for Esophague Cancer V.N. Melnikova, S.V. Rosinsky, V.O. Timoshenko
- 39 Experimental Evaluation Degree of Bile Duct Wall Damage Using the Function of Automatic Tissue Type Detection Of oulium Fiber Laser M.V. Murashkina, S.A. Budzinsky, S.G. Shapovaliants, L.M. Mikhaleva, K.S. Maslenkina, A.I. Khizhnyak, V.A. Andreeva, O.I. Baytsaeva, E.D. Fedorov

6 CONTENTS

- Лазерная хромоэндоскопическая эрадикация Helicobacter pylori О.Н. Павлов
- Эндоскопическая фотодинамическая терапия патологических соустий у онкологических пациентов с использованием метиленового синего в качестве фотосенсибилизатора В.В. Подольский, Е.А. Каменева, Ф.В. Подольский
- Эффективность использования синего ( $\lambda$ =450 нм) лазерного излучения для удаления врожденных гигантских пигментных невусов у детей С.А. Подурар, Н.Е. Горбатова, А.В. Брянцев, О.В. Карасева, А.Д. Платонова, А.С. Тертычный, Г.А. Варев
- Использование двухволнового излучения лазера на парах меди для безопасного лечения новообразований кожи в периорбитальной области И.В. Пономарев, С.Б. Топчий, С.В. Ключарева, М.В. Федотова
- Результаты низкоинтенсивной лазерной терапии в инфракрасном спектре и плацеболазеротерапии у больных секреторным мужским бесплодием М.К. Потапова, С.Ю. Боровец, А.В. Соколов, М.Н. Слесаревская, С.Х. Аль-Шукри
  - Диагностика очаговых изменений слизистой оболочки толстой кишки с использованием конфокальной лазерной эндомикроскопии Е.В. Потехина, А.Г. Шулешова, З.Н. Голикова, М.О. Завъялов
  - Технология спектрального цветового выделения в эндоскопической диагностике колоректальных полипов Н.А. Романчук, В.А. Дуванский
- Пероральная транспаппилярная холангиоскопия с применением лазерных и физических методов внутрипросветной литотрипсии при осложненной форме холедохолитиаза Д.В. Сазонов, Э.Х. Самсонян, Ю.В. Иванов, Д.Н. Панченков
- Ранние результаты лечения геморроидальной болезни методом лазерной геморроидопластики Д.М. Созонов, А.А. Засорин
- Вариант повышения эффективности ФДТ рака желчных протоков и большого сосочка двенадцатиперстной кишки Е.Ф. Странадко, А.В. Баранов, А.И. Лобаков, В.А. Морохотов, М.В. Рябов
  - Фотодинамическая реканализация просвета пищевода при распространенном обтурирующем раке Е.Ф. Странадко, В.Л. Шабаров, М.В. Рябов
- Возможности ФДТ и эндобронхиальной хирургии при лечении раннего первично-множественного центрального рака легкого Л.В. Телегина, С.С. Пирогов, А.С. Водолеев, М.Ю. Кулаковская, Н.В. Кутенева. Д.Г. Сухин, А.Д. Каприн
  - Оптические технологии в диагностике колоректальных неоплазий И.В. Терехова, Д.В. Сазонов, В.А. Дуванский
  - Влияние витальных красителей на уровень эндогенной флуоресценции биоткани *С.Г. Терещенко, Л.Г. Лапаева*

- 40 Laser Chromoendoscopic Eradication of Helicobacter Pylori O.N. Pavlov
- 41 Endoscopic Photodynamic Therapy of Cancer Patients Pathological Anastomoses Using Methylene Blue as a Photosensitizer V.V. Podolskiy, E.A. Kameneva, Ph.V. Podolskiy
- 41 The Effectiveness of Using Blue Laser Radiation to Remove Congenital Giant Pigmented Nevi in Children S.A. Podurar, N.Ye. Gorbatova, A.V. Bryantsev, O.V. Karaseva, A.D. Platonova, A.S. Tertychny, G.A. Varev
- 42 Dual-Wavelength Copper Vapor Laser Technology for Safe Periorbital Skin Treatment I.V. Ponomarev, S.B. Topchiy, S.V. Kluchareva, M.V. Fedotova
- 43 Results of Low-Level Laser Therapy in Infrared Spectrum and Placebo-Laser Therapy in Patients with Secretory Male Infertility M.K. Potapova, S.Yu. Borovets, A.V. Sokolov, M.N. Slesarevskaya, S.Kh. Al-Shukri
- 44 Diagnosis of Focal Changes in the Mucous Membrane of the Colon Using Confocal Laser Endomicroscopy E.V. Potekhina, A.G. Shuleshova, Z.N. Golikova, M.O. Zavyalov
- 44 The Technology of Spectral Color Selection in the Endoscopic Diagnosis of Colorectal Polyps N.A. Romanchuk, V.A. Duvanskiy
- 45 Peroral Transpapillary Cholangioscopy Using Laser and Physical Methods of Intralumenal Lithotripsy in Complicated Form of Choledocholithiasis D.V. Sazonov, E.Kh. Samsonyan, Yu.V. Ivanov, D.N. Panchenkov
- 46 Early Results of Treatment of Hemorrhoidal Disease Using Laser Hemorrhodoplasty D.M. Sozonov, A.A. Zasorin
- 47 Variation for Efficiency Improvement of PDT of Cancer of Bile Ducts and Large Duodenal Papilla E.Ph. Stranadko, A.V. Baranov, A.I. Lobakov, V.A. Morokhotov, M.V. Riabov
- 48 Photodynamic Recanalization of Esophageal Lumen for Advanced Obstructive Cancer E.Ph. Stranadko, V.L. Shabarov, M.V. Riabov
- 49 The Possibilities of PDT and Endobronchial Surgery in the Treatment of Primary Multiple Early Central Lung Cancer
  L.V. Telegina, S.S. Pirogov, A.S. Vodoleev,
  M.U. Kulakovskaya, N.V. Kuteneva,
  D.G. Sukhin, A.D. Kaprin
- 49 Optical Technologies in the Diagnostics of Colorectal Neoplasias I.V. Terekhova, D.V. Sazonov, V.A. Duvanskiy
- 50 Impact of Vital Dyes on the Endogenous Fluorescence of Bio-Tissue S.G. Tereshchenko, L.G. Lapaeva

СОДЕРЖАНИЕ 7

Эндоскопическая биоспектрофотометрия в диагностике полиповидных образований желудка *С.Г. Терещенко, Л.Г. Лапаева, Л.В. Мечёва* 

Энтероскопия с оценкой эндогенной флуоресценции слизистой оболочки при заболеваниях тонкой кишки С.Г. Терещенко, Л.Г. Лапаева, Л.В. Мечёва

Оптимизация эндоскопической полипэктомии на основе лазерной доплеровской флоуметрии *С.Г. Терещенко, Л.В. Мечёва, Л.Г. Лапаева* 

Диагностика опухолевых заболеваний с использованием спектроскопии комбинационного рассеяния света и фотолюминесценции А.Б. Тимурзиева, Д.Д. Аргун, И.С. Садиков, В.И. Попадюк, В.А. Дуванский, В.И. Кукушкин

Разработка алгоритма ранней диагностики опухолей кожи головы и шеи с использованием конфокальной сканирующей спектроскопии комбинационного рассеяния света и фотолюминесценции

А.Б. Тимурзиева, В.А. Дуванский, Е.Н. Римская, В.И. Попадюк, С.Н. Шелыгина, К.Г. Кудрин

2D-сканирующая конфокальная микроспектроскопия комбинационного рассеяния света и фотолюминесценции в диагностике рака кожи головы и шеи А.Б. Тимурзиева, В.А. Дуванский, М.С. Федина, Е.Н. Римская, С.Н. Шелыгина, К.Г. Кудрин

Разработка алгоритма ранней диагностики рака гортани с использованием спектроскопии комбинационного рассеяния света и фотолюминесценции А.Б. Тимурзиева, В.И. Попадюк, В.А. Дуванский, В.И. Кукушкин

Применение оптической когерентной томографии с целью оценки микроциркуляции желудочного стебля при пластике пищевода Г.Г. Торгомян, Е.Б. Киселева, А.А. Плеханов, Н.М. Киселев, Г.В. Геликонов, Н.Д. Гладкова, С.В. Гамаюнов, В.Е. Загайнов

Эффективность фотодинамической терапии в сравнении с рекомендуемыми методами паллиативного лечения стенозирующего рака пищевода А.Н. Туманина, Е.В. Филоненко, В.А. Апанасевич, О.А. Щипков

Комплексное эндоскопическое лечение воспалительных изменений респираторного тракта у детей с тяжелой сочетанной травмой А.Ю. Харитонова, А.А. Шавров, О.В. Карасева, Н.Е. Горбатова, Е.А. Фролов, А.О. Меркулова, В.А. Капустин

Паллиативное хирургическое лечение с применением фотодинамической терапии злокачественных новообразований желчевыводящей системы, осложненных механической желтухой А.Е. Цеймах, А.Н. Мищенко, В.А. Куртуков, Я.Н. Шойхет

Применение оптической когерентной томографии с целью повышения диагностической точности внутрипротоковой биопсии у пациентов с опухолями гепатопанкреатобилиарной зоны Л.М. Целоусова, Р.А. Дерябин, Н.М. Киселев, Г.Г. Торгомян, Г.В. Геликонов, Н.Д. Гладкова, С.В. Гамаюнов, В.Е. Загайнов

51 Bio Spectrophotometry at the Endoscopy Diagnostics of Polypoid Lesions in the Stomach S.G. Tereshchenko, L.G. Lapaeva, L.V. Mecheva

- 51 Enteroscopy with Assessment Endogenous Fluorescence of the Mucosa at the Small Intestine Diseases S.G. Tereshchenko, L.G. Lapaeva, L.V. Mecheva
- 52 Endoscopic Polipectomy Optimization due to Laser Doppler Floumetry Application S.G. Tereshchenko, L.V. Mecheva, L.G. Lapaeva
- 53 Diagnostics of Tumor Diseases Using Raman Spectroscopy and Photoluminescence A.B. Timurzieva, D.D. Argun, I.S. Sadikov, V.I. Popadyuk, V.A. Duvanskiy, V.I. Kukushkin
- 54 Development of an Algorithm for Early Diagnostics of the Head and Neck Skin Tumors Using Confocal Scanning Photoluminescence and Raman Microspectroscopy A.B. Timurzieva, V.A. Duvanskiy, E.N. Rimskaya, V.I. Popadyuk, S.N. Shelygina, K.G. Kudrin
- 2D Scanning Confocal Microspectroscopy of Raman and Photoluminescence in the Diagnosis of Head and Neck Skin Cancer A.B. Timurzieva, V.A. Duvansky, M.S. Fedina, E.N. Rimskaya, S.N. Shelygina, K.G. Kudrin
- Development of an Algorithm for Early Diagnosis of Laryngeal Cancer Using Raman Spectroscopy and Photoluminescence A.B. Timurzieva, V.I. Popadyuk, V.A. Duvanskiy, Kukushkin
- 57 Application of Optical Coherence Tomography to Assess Gastric Stalk Microcirculation in Esophagus Plasty G.G. Torgomyan, E.B. Kiseleva, A.A. Plekhanov, N.M. Kiselev, G.V. Gelikonov, N.D. Gladkova, S.V. Gamayunov, V.E. Zagaynov
- 58 The Effectiveness of Photodynamic Therapy in Comparison with the Recommended Methods of Palliative oreatment of Stenosing Esophageal Cancer A.N. Tumanina, E.V. Filonenko, V.A. Apanasevich, O.A. Shchipkov
- 58 Comprehensive Endoscopic Treatment of Inflammatory Changes in the Respiratory Tract in Children with Severe Concomitant Trauma A.Yu. Kharitonova, A.A. Shavrov, O.V. Karaseva, N.E. Gorbatova, E.A. Frolov, A.O. Merkulova, V.A. Kapustin
- 59 Palliative Surgical Treatment Using Photodynamic Therapy of Malignant New Tumors of the Bilious System Complicated with Obstructional Jaundice A.E. Tseimakh, A.N. Mitshenko, V.A. Kurtukov, Ia.N. Shoykhet
- 60 Optical Coherence Tomography is the Way to Increase the Diagnostic Accuracy of Intraductal Biopsy in Patients with Tumors of the Hepatopancreatobiliary Zone L.M. Tselousova, R.A. Deryabin, N.M. Kiselev, G.G. Torgomyan, G.V. Gelikonov, N.D. Gladkova, S.V. Gamayunov, V.E. Zagaynov

**CONTENTS** 8

- Роль внутрипротоковой фотодинамической терапии в паллиативном лечении опухоли Клацкина Л.М. Целоусова, Н.М. Киселев, Р.А. Дерябин, В.Е. Загайнов, С.В. Гамаюнов
- Применение гольмиевого лазера в эндоскопической хирургии новообразований верхних дыхательных путей Н.В. Черниченко, Е.А. Шуинова, И.О. Сусарев
- Сравнительная оценка результатов применения эндовазального лазерного термолиза и криофлебэктомий в хирургии вен А.И. Чернооков, С.И. Долгов, А.З. Пимахова, Н.О. Бартош, О.М. Дондуп, Э.А. Шептак, Д.А. Аверин
- Новый радикальный способ эндокавитальной лазерной фототермодеструкции гигром у детей В.А. Чурсин, Н.Е. Горбатова, А.В. Брянцев, О.О. Саруханян, И.В. Батунина
  - Первый опыт лечения рубцовых стенозов привратника, луковицы двенадцатиперстной кишки и желудочно-кишечных анастомозов с помощью лазерной терапии В.Л. Шабаров, Е.С. Вакурова, С.Г. Терещенко, А.В. Шаповалов
- Фотодинамическая терапия при осложнённом течении язвенного колита В.К. Шубин, С.Г. Терещенко, Е.С. Вакурова, Л.Г. Лапаева, Ю.Й. Захаров, И.А. Козырин
  - Корригирующая ото- и ринопластика с применением локальной лазарной аблации и термообработки косто-хрящевых струтур В.А. Юдин, В.В. Иванов, Н.С. Костина, С.О. Артюхин

- Role of Intraductal Photodynamic Therapy in Palliative Treatment of Klatskin's Tumor L.M. Tselousova, N.M. Kiselev, R.A. Deryabin, V.E. Zagaynov, S.V. Gamayunov
- The Application of Holmium Laser for Endoscopic Surgery of Upper Pulmonary Tract Neoplasms N.V. Chernichenko, E.A. Shuinova, I.O. Susarev
- Comparative Evaluation of the Results of the Use of Endovenous Laser Thermolysis and Cryoflebectomy in Vein Surgery
  A.I. Chernookov, S.I. Dolgov. A.Z. Pshmakhova, N.O. Bartosh, O.M. Dondup, E.A. Sheptak, D.A. Averin
- A New Radical Method of Endocavital Laser Photothermodestruction of Hygrom in Children V.A. Chursin, N.E. Gorbatova, A.V. Bryantsev, O.O. Saruhanyan, I.V. Batunina
- The First Experience in the Treatment of Cicatricial Stenosis of the Pylorus, Duodenal Bulb and Gastrointestinal Anastomoses Using Laser Therapy V.L. Shabarov, E.S. Vakurova, S.G. Tereshchenko, A.V. Shapovalov
- 64 Photodynamic Therapy at Complicated Ulcerative V.K. Shubin, S.G. Tereshchenko, E.S. Vakurova, L.G. Lapaeva, Yu.I. Zakharov, I.A. Kozyrin
- Corrective Ear and Rhinoplasty with the Use of Local Lazar Ablation and Heat Treatment of Bone-Cartilage Structures V.A. Yudin, V.V. Ivanov, N.S. Costina, S.O. Artyuchin

#### **ЛУЧЕВАЯ ТЕРАПИЯ**

#### Опыт использования средств *in vivo* дозиметрии в клинической практике И.М. Лебеденко

RADIATION THERAPY

RADIATION DIAGNOSTICS

66 Experience of Using in Vivo Dosimetry in Clinical Practice I.M. Lebedenko

Application of Spectral Analysis to Obtain

I.V. Molodkin, S.A. Ryzhkin, T.R. Izmailov

Characteristics of the Contour of Circular-Shaped Masses in Lungs for Differential Diagnosis

### **ЛУЧЕВАЯ ДИАГНОСТИКА**

#### Получение биомаркеров на основе характеристик контура шаровидных образований в лёгких для дифференциальной диагностики рака и туберкулёза И.В. Молодкин, С.А. Рыжкин, Т.Р. Измайлов

#### **REVIEW**

Клинические применения ксенона-129 в магнитно-резонансной томографии: Краткий обзор Г.Ю. Григорьев, Е.В. Завалева, А.С. Лагутин

Clinical Applications of Xenon-129 in Magnetic Resonance Imaging: A Brief Overview G.Y. Grigoriev, E.V. Zavaleva, A.S. Lagutin

#### **ХРОНИКА CHRONICLES**

- Экскурсии по НМИЦ онкологии им. Н.Н. Блохина
- 110 **Excursions for Future Specialists** 

  - Календарь научных форумов 112 Medical Physics Events Calendar (In Russian)

### НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ "СКОБЕЛКИНСКИЕ ЧТЕНИЯ. ЛАЗЕРНЫЕ И ОПТИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЭНДОСКОПИИ И ЭНДОСКОПИЧЕСКОЙ ХИРУРГИИ"

28 июня 2024 г., Москва

В прошлом году (16 июня 2023 г.) в г. Москве состоялась Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием "Лазерная медицина в России: прошлое, настоящее, будущее", посвященная 100-летию Олега Ксенофонтовича Скобелкина. Её проведение стало значительным вкладом в развитие междисциплинарных исследований по разработке, изучению и клиническому применению лазерных технологий в медицине. На конференции были представлены актуальные тематические разделы: лазерные хирургические технологии; лазерные технологии в дерматологии и косметологии, гинекологии, стоматологии, офтальмологии, оториноларингологии; фотодинамическая терапия, лазерная биомедицинская диагностика, современная лазерная техника для медицины. На пленарном и 11 секционных заседаниях конференции были представлены вниманию слушателей 78 докладов. В работе конференции в очном и онлайн формате приняли участие 976 специалистов. География отечественных участников включала более 30 регионов России от Владивостока до Калининграда. В конференции участвовали коллеги из 8 стран ближнего и 16 дальнего зарубежья. Материалы конференции были опубликованы в журнале "Медицинская физика" №2, 2023. Конференция столь высокого научно-организационного уровня в области лазерной медицины впервые проведена в одном из ведущих российских университетов - Российском университете дружбы народов имени Патриса Лумумбы. По итогам научного форума была принята резолюция с решением проводить научно-практическую конференцию по лазерной медицине в стенах Университета ежегодно и именовать ее "Скобелкинские

28 июня 2024 г. в г. Москве в Российском университете дружбы народов прошла Всероссийская научно-практическая конференция "Скобелкинские чтения. Лазерные и оптические технологии в эндоскопии и эндоскопической хирургии".

Ведущими учеными были представлены передовые университеты России: Российский университет дружбы народов им. Патриса Лумумбы, Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова, Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова, Российский университет медицины им. А.И. Евдокимова, Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования, Центральная государственная медицинская академия УДП РФ, Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. академика И.П. Павлова, Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова, Петрозаводский государственный университет, ПИМУ Минздрава России, Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева, Ульяновский государственный университет, Южно-Уральский государственный медицинский университет.

Результаты научных исследований представили авторитетные научные центры и ведущие клиники нашей страны: НМИЦ хирургии им. А.В. Вишневского, РНЦХ им. акад. Б.В. Петровского, НМИЦ радиологии, МОНИКИ имени М.Ф. Владимирского, НИИ неотложной детской хирургии и травматологии, РНЦРХТ им. акад. А.М. Гранова, НМИЦ ФПИ Минздрава РФ, ФНКЦ ФМБА России, Северо-Западный окружной научно-клинический центр им. Л.Г. Соколова ФМБА России, ФНКЦ детей и подростков ФМБА России, НМИЦ ВМТ им. А.А.Вишневского. В рамках междис-

циплинарных исследований результаты своей научной работы представили Институт общей физики им. А.М. Прохорова РАН, ФИЦ ИПФ РАН, Национальный исследовательский ядерный университет МИФИ, Институт физики твердого тела имени Ю.А. Осипьяна РАН, Физический институт имени П.Н. Лебедева РАН.

В работе конференции в очном и онлайн формате приняли участие ученые, врачи-специалисты, аспиранты, ординаторы и студенты из всех регионов России и стран ближнего зарубежья.

Организационный комитет конференции искренне признателен редакционной коллегии журнала "Медицинская физика" за проявленный интерес к работе конференции и предоставленную возможность публикации тезисов докладов на страницах столь уважаемого журнала.

Председатель организационного комитета конференции профессор Дуванский Владимир Анатольевич

### ПРИМЕНЕНИЕ ФОТОАКТИВИРОВАННОГО ИЗЛУЧЕНИЕМ ФОТОСЕНСИБИЛИЗАТОРА ХЛОРИНОВОГО РЯДА ДЛЯ ЛЕЧЕНИЯ ВНУТРИБОЛЬНИЧНЫХ ПНЕВМОНИЙ

Ю.В. Алексеев¹, В.С. Ширяев¹, А.М. Хосровян², О.В. Миславский¹.³, Е.А. Максимцева²¹ НПЦ лазерной медицины им. О.К. Скобелкина ФМБА России, Москва²² Госпиталь ветеранов войн № 2 Департамента здравоохранения города Москвы, Москва³ Институт иммунологии ФМБА России,

<u>Цель:</u> Рост резистентности патогенных микроорганизмов к антибиотикам стимулирует поиск альтернативных методов лечения ряда инфекционных заболеваний. Особое место в приоритетных направлениях этого поиска занимают внутрибольничные пневмонии, летальность при них чрезвычайно высока – от 10-20 % до 70-80 % (в зависимости от вида возбудителя и тяжести фонового состояния пациента). Известно, что фотоактивированные порфирины обладают антимикробным и иммуномодулирующим действием. Целью исследования являлась разработка метода применения фотоактивированного излучением в полосе Соре фотосенсибилизатора (ФС) "Радахлорин" для включения в комплексную терапию внутрибольничных пневмоний.

Материал и методы: По нашему техническому заданию ООО "Новые хирургические технологии" (Москва) разработан аппарат на основе небулайзера с возможностью облучения ФС и проведения ингаляций с длиной волны в

спектре его поглощения с х≈405 нм. Облучение ФС проводилось на всем протяжении проведения процедур с плотностью мощности 440-480 мВт/см<sup>2</sup> в течении 15 мин. ФС – "Радахлопроизводства ООО "РАДА-ФАРМА", г. Москва, регистрационный номер ЛС-001868. Ингаляции ФС (исходный препарат разводился физ. р-ром 1:20) проводились пациентам в отделении реанимации и интенсивной терапии через лицевую маску 1 раз в день в течении 3 дней у 12 пациентов с внутрибольничными пневмониями на фоне стандартной терапии. Контрольной группой являлись 12 пациентов, не получающих ингаляции. Оценивали динамику провоспалительных ферментов (С-реактивный белок (СРБ), прокальцитонин) и роста флоры, высеянной в мазках из зева (в колониеобразующих единицах - КОЕ), до начала лечения и на третьи сутки.

Результаты: Средние значения этих показателей до начала лечения приняты за 100%. Показатели после ингаляций ФС: С-реактивный белок снизился на  $59,71\pm12,27$  %; прокальцитонин снизился на  $47,73\pm24,35$  %; посевы в КОЕ снизились на  $99,991\pm0,007$  %. В контрольной группе (12 больных) за тот же срок количество КОЕ в посевах увеличилось на  $17,28\pm4,21$  %, С-реактивный белок повысился на  $27,76\pm3,52$  %, прокальцитонин повысился на  $30,15\pm2,24$  %. Вероятность случайного происхождения этих данных при статистической обработке для С-реактивного белка и прокальцитонина p<0,05 и для количества КОЕ p<0,001 (Statistica 6.0).

<u>Заключение:</u> Метод ингаляций с фотоактивированным ФС показал свою эффективность в

комплексном лечении внутрибольничных пневмоний. Продолжение исследований в этом направлении с целью его совершенствования является актуальным и перспективным.

### ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ КРОВО- И ЛИМФОТОКА В ОБЛАСТИ ЛАЗЕРНОЙ РАНЫ КОЖИ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ВОЛОКОННОГО ГОЛЬМИЕВОГО ЛАЗЕРА

В.В. Асташов¹, П.В. Новокрещенов¹, В.И. Козлов¹, В.А. Дуванский¹, М.С. Копьева¹.², С.А. Филатова², И.А. Ерохина¹, А.А. Борхунов¹¹ Российский университет дружбы народов им. Патриса Лумумбы, Москва² Институт общей физики им. А. М. Прохорова РАН. Москва

<u>Цель:</u> Изучение параметров микроциркуляции кожи после воздействия высокоэнергетического излучения волоконного гольмиевого лазера.

Материал и методы: Исследование выполнено на 45 мышах-самцах породы C57 Bl6, массой от 25 до 30 г, содержавшихся в виварии Российского университета дружбы народов. Экспериментальные исследования одобрены этическим комитетом Медицинского института РУДН. Для исследований крово- и лимфотока использовали участок кожи, расположенный на расстоянии 5 мм латерально от задней срединной линии. Оперативные вмешательства на животных и функциональные исследования производили под наркозом "Золетил 100" (Virbac, Франция). Все экспериментальные животные были распределены на 5 групп. Животные 1-й группы (интактные) использовались в качестве контрольных. В остальных группах выполняли разрез кожи с помощью волоконного гольмиевого лазера (длина волны 2100 нм, непрерывный режим излучения, мощность 1,5 Вт, скорость реза 0,25 мм/с (экспозиция 32 с) и 1,0 мм/с (экспозиция 8 с), плотность мощности лазерного излучения (ПМ) составляла 47,8 Вт/см<sup>2</sup>, длина разреза кожи 0,8 см. Исследование крово- и лимфотока производили с помощью метода лазерной доплеровской флоуметрии на приборе ЛАЗМА МЦ (ООО НПП "ЛАЗМА", Россия) на 3 и 10-е сутки после создания лазерной раны в двух точках - рядом с разрезом, в зоне воспалительного отека и на расстоянии 3 мм латеральнее от него. Результаты показателей периферического кровотока (ПК) и периферического лимфотока (ПЛ) в перфузионных единицах (п.е.) оценивали с помощью стандартных статистических методов.

Результаты: На 3-и сут исследования в лазерной ране выявлены признаки формирования асептического воспаления, в ране выделяли зону аблации, зону коагуляции, зону воспалительного отека. В зоне воспалительного отека на 3 сут эксперимента ПК, в сравнении с контрольными значениями (15,0±1,03 п.е.), уменьшился на 15 % при экспозиции в 8 с, а при экспозиции 32 с - на 39 %. На 10-е сут эксперимента показатель ПК в зоне воспалительного отека при экспозиции 8 с увеличился на 16 %, в периферической зоне на 24 %, а при экспозиции 32 с в зоне отека ПК возрастал на 20 %. Параметры ПЛ уменьшались достоверно в исследуемых группах на 3 и 10-е сут эксперимента в сравнении с контрольными значениями во всех исследованных областях. Наиболее значительные снижения показателя ПЛ выявлены при более длительной экспозиции (32 c).

Заключение: Таким образом, показатели ПК и ПЛ значимо снижаются в области лазерной раны в остром периоде асептического воспаления (3-и сутки), вызванного лазерным воздействием. В подостром периоде асептического воспалительного процесса (10-е сутки) выявлена активация периферического кровотока в коже (увеличение показателя ПК), на фоне сохранения низких значений ПЛ. Степень выраженности показателей микроциркуляции зависит от времени экспозиции лазерного воздействия.

### ЛАЗЕРНАЯ ДОПЛЕРОВСКАЯ ФЛОУМЕТРИЯ В ИЗУЧЕНИИ МИКРОЦИРКУЛЯЦИИ КОЖИ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ВИДАХ АНЕСТЕЗИИ У ДЕТЕЙ

В.Г. Багаев<sup>1,2</sup>, В.А. Карташев<sup>1</sup>, Т.С. Сабинина<sup>1</sup>, И.Ф. Острейков<sup>2</sup>, А.Ю. Джанмирзоева<sup>1</sup>, Э.С. Иванина<sup>1</sup>

<sup>1</sup> НИИ неотложной детской хирургии и травматологии ДЗ г. Москвы, Москва

<sup>2</sup> Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования Минздрава РФ, Москва

<u>Цель:</u> Изучить влияние на микроциркуляцию кожи комбинированной анестезии с использованием севофлурана (Се) и ксенона (Хе), а также сочетанной анестезии Се и спинальной блокады при проведении реконструктивнопластических операций (РПО) у детей.

Материал и методы: В исследование вошли 97 пациентов в возрасте 13,3±3,3 лет, с посттравматическими мягкотканными дефектами нижних конечностей. У всех исследуемых вводная внутривенная анестезия включала: пропофол 3,5 мг/кг, фентанил 2,0-2,5 мкг/кг и рокуроний 0,3 мг/кг. Протекция дыхательных путей – эндотрахеальной трубкой или ларингомаской. По методу поддержания анестезии больные были разделены на 3 группы: 1 группа - 37 пациентов (Се 2,5–3,0 об.%, фентанил 2,5-3,0 мкг/кг/ч); 2 группа - 30 пациентов (Хе:  $O_2$ =60-65 об.% : 30 об.%, фентанил 3,0-3,5 мкг/кг/ч); 3 группа - 32 пациента (Се 2,0-2,5 об.% + спинальная анестезия бупивакаином 0.5 % - 4.0 мл на уровне  $L_2 - L_4$ ). Микроциркуляцию (МЦ) оценивали методом ЛДФ, аппаратом "ЛАЗМА ПФ" (ООО НПП "Лазма", Россия). Показатели микроциркуляции (ПМ) анализировали на 3 этапах: 1 этап - до анестезии; 2 этап во время анестезии и 3 этап – после анестезии. Методом ЛДФ определяли ПМ в перфузионных единиц (п.е.). Статистическую обработку данных выполнили с помощью пакетов программ Excel, Stat Soft Statistica v6.0 и Multilingual SPSS 11.0. Критическое значение уровня статистической значимости принимали равным 5 % (p<0,05).

Результаты: На 1-ом этапе средние значения ПМ в исследуемых группах не имели статистически значимых различий. На 2-ом этапе исследования по сравнению с 1-ым этапом средние величины ПМ статистически достоверно увеличивались: в 1-ой группе с 10,4±6,1  $13,6\pm4,5$  п.е. (p<0,003); во 2-ой группе – с  $9,6\pm3,5$ до 19,5±4,5 п.е. (p<0,001); в 3-ей группе - с  $8,8\pm2,2$  до 15,6 $\pm6,3$  п.е. (p<0,0001). Статистически достоверное повышение ПМ на 2-ом этапе во всех исследуемых группах свидетельствовало об улучшении микроциркуляции при поддержании анестезии Се, Хе и сочетанием Се со спинальной блокадой. Межгрупповое сравнение средних значений ПМ на 2-ом этапе исследования показало, что наибольшим показатель был во 2-ой группе (19,5±4,5 п.е.), что на 7 п.е. выше, чем в 1ой группе (p<0,001) и на 4 п.е. выше, чем в 3-ей группе (р<0,003). На 3-ем этапе исследования средние значения ПМ не имели межгрупповых различий (1 группа – 10,2±5,3 п.е.; 2 группа – 11,9±5,4 п.е.; 3 группа – 11,0±5,2 п.е.) и приближались к исходным цифрам.

#### Заключение:

1. Метод ЛДФ показал, что поддержание анестезии Се, Xe и сочетанием Се со спиналь-

- ной блокадой бупивакаином статистически достоверно улучшает ПМ кожных покровов при операциях в области нижних конечностей у детей.
- 2. Сравнительный анализ ПМ в группах показал, что наилучшая микроциркуляция кожных покровов обеспечивается при поддержании анестезии Хе, что позволяет рекомендовать её при проведении РПО у детей.

### ЭНДОСКОПИЧЕСКОЕ ЛЕЧЕНИЕ ДОБРОКАЧЕСТВЕННЫХ СТЕНОЗОВ ДЫХАТЕЛЬНЫХ ПУТЕЙ С ПОМОЩЬЮ ГОЛЬМИЕВОГО ЛАЗЕРА

Ш.А. Басханов, Ю.С. Тетерин, П.А. Ярцев НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского, ДЗМ г. Москвы, Москва

<u>Цель</u>: Улучшить эффективность эндоскопического лечения пациентов с протяженными доброкачественными стриктурами дыхательных путей путем использования лазерной фотодеструкции (ЛФ).

Материал и методы: за период с 2020 по 2024 гг. в НИИ СП им. Н.В. Склифосовского пролечено 98 пациентов с доброкачественными стенозами трахеи и бронхов, поступивших в экстренном порядке с явлениями дыхательной недостаточности. Для лечения рубцовых стриктур ЛФ была использована у 8 пациентов: 5 (62,5 %) – с короткими и 3 (37,5 %) – с протяженными стенозами трахеи и бронхов (по классификации В.Д. Паршина (2011 г.)). Из них 6 мужчин (75 %) и 2 (25 %) женщины. Средний возраст составил 42,1 года.

Всем пациентам на первые сутки в экстренном порядке выполнялась реканализация просвета дыхательных путей. Первым этапом иссекалась рубцовая ткань с помощью гольмиевого лазера до полного восстановления просвета. После чего выполнялось эндопротезирование трахеи и бронхов силиконовыми стентами типа "Дюмон".

Пациентам с рубцовым стенозом бронхов предварительно проводилась бронхография, для определения направления просвета бронха и расстояния от дистального края стеноза до интактной шпоры бронха.

Контрольная бронхоскопия для оценки стента выполнялась на третьи сутки.

<u>Результаты:</u> Рубцовый стеноз трахеи был диагностирован у 6 (75 %) пациентов, бронхов

1–2-го порядка – у 2 (25 %). Протяженность стриктуры от 2 до 3 см наблюдалась у 5 (62,5 %), более 3 см – у 3 (37,5 %) больных.

Во всех случаях пациентам после реканализации было выполнено стентирование трахеи и бронхов. Интраоперационых осложнений не наблюдалось.

В одном (12,5 %) случае после эндопротезирования на третьи сутки наблюдалась проксимальная миграция стента. Была выполнена эндоскопическая коррекция положения стента. Средний койко-день составил 4,2 сут.

При контрольной трахеобронхоскопии через 6 мес у всех 8 (100 %) пациентов эндопротезы были удалены. На третьи сутки после их удаления стойкий просвет (от 1,0 см до 1,2 см) сохранялся у 4 (50 %) больных. В 1 (12,5 %) случае у пациентки был выявлен туберкулез, после чего была переведена в профильный стационар для дальнейшего лечения. Еще у 3 (37,5 %) больных сужение просвета прогрессировало, что явилось показанием для рестентирования.

Из них при контрольной трахеобронхоскопии, выполненной через 12 мес, после удаления стентов повторное сужение просвета возникло у 2 (25 %), что явилось показанием для радикального хирургического лечения в объеме циркулярной резекции трахеи.

Заключение: Лазерная фотодеструкция показала свою эффективность (62,5 %) при эндоскопическом лечении пациентов с протяженной рубцовой стриктурой трахеи и бронхов.

### ПЕРВЫЙ ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ФОТОДИНАМИЧЕСКОЙ ТЕРАПИИ В ЛЕЧЕНИИ МЕТАПЛАЗИИ СЛИЗИСТОЙ ОБОЛОЧКИ ПИЩЕВОДА У ДЕТЕЙ

С.М. Батаев<sup>1,2,3</sup>, С.П. Соснова<sup>4</sup>, Д.В. Хаспеков<sup>4</sup>, А.В. Решетников<sup>3</sup>, А.Н. Осипов<sup>3</sup>, И.В. Зябкин<sup>1,2</sup>, А.С. Батаев<sup>5</sup>, М.В. Цаца<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ФНКЦ детей и подростков ФМБА России, Москва

<sup>2</sup> ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, Москва

<sup>3</sup> РНИМУ им. Н.И. Пирогова Минздрава РФ, Москва

<sup>4</sup> Детская городская клиническая больница святого Владимира ДЗМ, Москва <sup>5</sup> НМИЦ ДГОИ им. Дмитрия Рогачева Минздрава РФ, Москва Цель: Осложнения гастроэзофагеальной рефлюксной болезни (далее ГЭРБ) у детей вызывают целый ряд патологических состояний, требующих хирургического вмешательства. Особое место среди них занимает Барреттовская метаплазия пищевода (далее ПБ). Это заболевание является облигатным предраковым состоянием, которое вызывает аденокарциному пищевода (от 0,6 до 33 % случаев) в различные сроки от начала процесса метаплазии.

Большинство специалистов, занимающихся этой проблемой у взрослых пациентов, считают, что активные меры по эрадикации метаплазии пищевода следует предпринимать лишь при обнаружении дисплазии высокой степени тяжести.

Наше отношение к этой патологии максимально агрессивно, поскольку процесс метаплазии, начавшийся в столь юном возрасте, имеет большую вероятность к озлокачествлению нежели метаплазия, возникшая в возрасте после 40 лет.

Основываясь на этом положении, данная работа нацелена на раннее выявление ПБ и его эрадикации с использованием мини-инвазивных и высокотехнологичных методов, что полностью соответствует требованиям онкологической настороженности.

В качестве одного из элементов комплексного лечения после проведения антирефлюксных операций, для непосредственного воздействия на метаплазированную слизистую и восстановления нормального просвета пищевода, применяют фотодинамическую терапию (ФДТ).

Материал и методы: Из 345 детей с патологическим ГЭРБ, находившихся в клинике, за 10 лет ПБ был выявлен у 52 детей, что составило 14 % случаев. Диагностика ПБ включала: суточную рН-метрию пищевода; эндоскопическое исследование с биопсией эпителия пищевода для морфологического исследования; контрастную рентгенографию и внутривенную радионуклидную сцинтиграфию с 99mTc.

В данной работе будут подвергнуты анализу истории болезни лишь 3 детей с пептической стриктурой пищевода и ПБ, которым была выполнена фотодинамическая терапия. Протокол лечения был утвержден и одобрен локальным этическим комитетом клиники.

У 1-го пациента выявлена кишечная метаплазия пищевода, у 2-го – желудочная метаплазия кардиального типа. Все дети были жен-

ского пола, в возрасте от 13 до 17 лет. Детям проводились многократные сеансы баллонной дилатации стеноза пищевода с временным положительным эффектом. Учитывая упорное рестенозирование, наличие участков метаплазии, было решено использовать ФДТ. За 5 часов до начала сеанса ФДТ осуществлялось внутривенное введение фотосенсибилизатора (ФС) хлоринового ряда в течение 30 мин. Для проведения ФДТ использовалась лазерная установка с длиной волны 662 нм, мощностью 1 Вт с экспозицией 25-30 мин (из расчета 300 Дж/см²).

Результаты: Для достижения полной деструкции участков метаплазии и реканализации просвета пищевода 1-му пациенту с кишечной метаплазией потребовалось 3 сеанса, 2 пациентам с желудочной метаплазией кардиального типа - 4 сеанса ФДТ с интервалами 3 мес. Для повышения эффективности ФДТ разработан метод «инициации», применявшийся на первом сеансе проведения ФДТ с целью индукции воспаления в слизистой оболочке пищевода после выполнения баллонной дилатация, что позволяло ФС в большей степени фиксироваться в воспалительных тканях в зоне интереса. Во время и после проведения ФДТ регистрировались макроскопические изменения слизистой в области метаплазии: ишемия, отек и гиперемия, геморрагические проявления, "пергаментная" слизистая. Ориентировались и на количество ФС в тканях и фотобличинг по графическим изображениям спектроанализатора. При контрольных обследованиях отмечали заживление зоны метаплазии с последующей регенерацией эпителия, что подтверждено гистологически, и восстановление нормального просвета пищевода.

Заключение: Пищевод Барретта обнаруженный в детском возрасте, подлежит эрадикации по факту его выявления, невзирая на отсутствие признаков дисплазии высокой степени, которая, с большей долей вероятности, случится уже во взрослом возрасте.

Метод фотодинамической терапии при пищеводе Барретта демонстрирует высокую эффективность в его эрадикации. Увеличение количества наблюдений позволит сделать более весомые выводы в последующем.

### АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ СЕКРЕТОМА ММСК НА МИКРОЦИРКУЛЯЦИЮ ПРИ РЕГЕНЕРАЦИИ КОЖНОЙ ОЖОГОВОЙ РАНЫ

Е.Н. Борхунова<sup>1</sup>, А.А. Усачева<sup>1</sup>, В.В. Асташов<sup>2</sup>

<sup>1</sup> МВА им. К.И. Скрябина, Москва

<sup>2</sup> Российский университет дружбы народов,
Москва

Цель: Разработка и исследование средств, способных обеспечить оптимальный хирургический и эстетический результат при лечении пациентов с ожогами кожи, остаются актуальной задачей биологии и медицины. Возможность использования секретома мультипотентных мезенхимальных стромальных клеток (ММСК), содержащего провоспалительные и противовоспалительные цитокины, представляет собой метод оптимизации процесса репаративной регенерации. Объективная оценка нарушений микроциркуляции системной и регионарной гемодинамики играет важную роль в определении жизнеспособности тканей и степени восстановления после повреждения.

Материал и методы: Исследование проводилось на 40 самках гладкошерстных морских свинок в возрасте 6 мес, подобранных методом аналогов, которые были разделены на контрольную и опытную группы. У всех животных были нанесены ожоги 2-й степени на коже бедра с двух сторон; в контрольной группе ожоги заживали естественным образом, в опытной группе – при использовании секретома ММСК. Секретом был введен инъекционно подкожно в область ожога через 4 точки объемом 0,2 мл. В течение 1-го, 7-го, 14-го и 30-го дней проводилось измерение параметров микроциркуляции кровотока и лимфотока с помощью аппарата "ЛАЗМА СТ" (ООО НПП "Лазма", Россия), основанного на принципе лазерной доплеровской флоуметрии.

Результаты: В ходе изучения показателей гемомикроциркуляции было замечено, что среднее значение микроциркуляции в зоне ожога у животных опытной группы составляло 2 % выше, чем у контрольной группы на первые сутки, на 15 % меньше к 7-м суткам, увеличилось на 5 % к 14-м суткам и снова уменьшилось к 30-м суткам на 10 %. Одновременно, среднее значение лимфотока на постдеструктивной поверхности в опытной группе оставалось неизменным на всех временных точках. При сравнении этого показателя в опытной группе было обнаружено, что на

первые сутки он был на  $5\,\%$  выше, чем в контрольной группе, на  $21\,\%$  выше к 7-м суткам, на  $7\,\%$  выше к 14-м суткам, и только к 30-м суткам уступал значениям контрольной группы на  $18\,\%$ .

Заключение: Полученные данные свидетельствуют о том, что секретом ММСК стимулирует ангиогенез и лимфангиогенез в области восстановления кожи после ожога. Это приводит к усилению пластических процессов, повышению перфузии тканей и стабилизации лимфодренажа в зоне заживления, способствуя более раннему восстановлению кожи после ожогового повреждения.

### ПРЕИМУЩЕСТВА ЭНДОСКОПИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ ПАЦИЕНТОВ СО СЛОЖНЫМ ХОЛЕДОХОЛИТИАЗОМ С ПРИМЕНЕНИЕМ СОВРЕМЕННЫХ ЛАЗЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

С.А. Будзинский<sup>1,2</sup>, С.Г. Шаповальянц<sup>1,2</sup>, М.А. Анищенко<sup>1,2</sup>, М.В. Мурашкина<sup>1</sup>, Е.А. Воробьева<sup>1,2</sup>, О.А. Щипков<sup>3</sup>, Е.Д. Федоров<sup>1,2</sup> <sup>1</sup> РНИМУ им. Н.И. Пирогова Минздрава РФ, Москва

<sup>2</sup> Городская клиническая больница № 31 им. академика Г.М. Савельевой ДЗМ, Москва <sup>3</sup> Российский университет дружбы народов, Москва

<u>Цель:</u> В лечении пациентов со сложным холедохолитиазом все чаще успешно применяются методики внутрипротоковой контактной литотрипсии под контролем пероральной транспапиллярной холангиоскопии. Для оценки и сравнения эффективности электрогидравлической и лазерной литотрипсии мы проанализировали результаты применения данных методик в клинической практике.

Материал и методы: В период с января 2018 г. по апрель 2024 г. в нашей клинике эндоскопически под оптическим контролем при холангиоскопии контактным методом было пролечено 58 больных со сложным холедохолитиазом, неподвластным "классической" транспапиллярной коррекции. Показанием к применению контактной литотрипсии послужил крупный холедохолитиаз, не поддающийся механической литотрипсии у 42 (72,4 %) больных; синдром Мириззи у 13 (22,5 %) больных; "вклинение" конкремента при выполнении традиционной литоэкстракции у 1 (1,7 %); узкий интрапанкреатический отдел холедоха у 1 (1,7 %);

внутрипечёночная локализация билиарных камней у 1 (1,7 %) больного. Электрогидравлическая литотрипсия была применена в лечении 13 (22,4 %) больных; фрагментация конкрементов с помощью гольмиевого лазера – у 16 (27,6 %) больных и с помощью волоконного суперимпульсного тулиевого лазера – у 29 (50 %) больных.

Результаты: Общая эффективность контактных методов литотрипсии составила 91,4 %. Лазерные методики продемонстрировали сопоставимые показатели: общий успех литотрипсии гольмиевым составил 93,8 % (15/16), а тулиевым - 96,5 % (28/29). Из них полная санация после первого вмешательства при гольмиевой литотрипсии была достигнута у 93,8 % (15/16), а при использовании тулиевого лазера - у 89,7 % (26/29) пациентов. Показатели эффективности электрогидравлической литотрипсии были достоверно ниже: общий успех 11/13 (84,6 %), успех после первой процедуры - 8/13 (61,5 %) больных. Среднее количество вмешательств, необходимое для достижения полной санации билиарного тракта составило 1,07 для гольмиевой лазерной литотрипсии, 1,1 - для тулиевой и 1,6 для электрогидравлической литотрипсии. Осложнение зарегистрировано в 1 случае (2,5 %) (перфорация стенки холедоха при экстракции острых фрагментов после дробления конкремента гольмиевым лазером) и было устранено непосредственно во время ретроградного вмешательства посредством проведения билиарного стентирования. Летальных исходов не было.

Заключение: Внутрипротоковая контактная литотрипсия демонстрирует высокую эффективность и безопасность в лечении пациентов со сложным холедохолитиазом. Лазерные методики превалируют над электрогидравлической литотрипсией по результатам общей эффективности, успеха фрагментации и литоэкстракции за один сеанс и среднего количества вмешательств, необходимых для полной санации желчевыводящих протоков.

### ЭНДОСКОПИЧЕСКАЯ ОПТИЧЕСКАЯ КОГЕРЕНТНАЯ ТОМОГРАФИЯ В ДИАГНОСТИКЕ ЗАБОЛЕВАНИЙ ТОЛСТОЙ КИШКИ

Е.В. Великанов<sup>1</sup>, С.Г. Терещенко<sup>2</sup>, Л.Г. Лапаева<sup>2</sup> <sup>1</sup> ЦМСЧ 119 ФМБА России, Москва <sup>2</sup> МОНИКИ им. М.Ф.Владимирского, Москва

<u>Цель:</u> Оценить диагностические возможности эндоскопической оптической когерентной томографии (ОКТ) при воспалительных и опухолевых заболеваниях толстой кишки.

Материал и методы: Внутриорганная ОКТ выполнена 357 больным, из них с опухолевыми заболеваниями - 167 (рак толстой кишки - 49, эпителиальные новообразования - 113, липома – 5), с воспалительным заболеваниями 190 (неспецифический язвенный колит (НЯК) – 143, болезнь Крона – 12, хронический колит – 19, псевдомембранозный колит - 3, дивертикулы – 9, эрозивный колит – 4). Основной контингент больных - 82,5 % был в возрасте от 31 до 50 лет. Среди больных 52,2~% женщины, 47,8~%мужчины. В изученном контингенте превалировали колиты и новообразования различной локализации. Область прямой кишки поражалась наиболее часто как у мужчин (54,5 %), так и у женщин (55,2 %). Среди доброкачественной опухолевой патологии были эпителиальные новообразования на широком основании (33,3 % наблюдений) и на короткой ножке (28,2 %). Различные формы НЯК выявлены у 32,3 % обследуемых. Из них с острой формой составили в среднем 30,6±1,2 %, хроническая рецидивирующая форма отмечалась у 48,3±1,6 %.

В работе применялся оптический когерентный томограф ОКТ 1300У (ИПФ РАН) г. Нижний Новгород (РУ №ФС 022а2035/22130-05). Определение размеров и глубины залегания анатомо-морфологического образования в биоткани осуществляли разработанным нами способом (Патент РФ № 2407426). Данные внутриорганной ОКТ верифицировались гистологическим исследованием биопсийного материала.

<u>Результаты:</u> ОКТ-признаком нормальной слизистой оболочки является слоистое изображение с хорошим контрастом железистой слизистой, подслизистой основы и мышечного слоя. Колит характеризуется хорошим контрастированием всех слоев, утолщением подслизистой основы с контрастными включениями, соответствующие отеку биоткани. При злока-

чественных новообразованиях изображение теряет свою слоистую структуру (т.е. становится бесструктурным); информативный сигнал быстро угасает; на изображениях определяются множественные эллипсовидные структуры, что является признаком гиперваскуляризации. Возможности внутриорганной ОКТ в дифференциальной диагностике полипов достаточно ограничены: чувствительность составила в среднем 79 % (74±1,9 до 84±1,2), специфичность 78,5 % (74±0,5 до 85±1,3), точность – 74 % (71,3±0,8 до 78,0±0,6).

Заключение: Современный клинико-инструментальный лечебный алгоритм при заболеваниях толстой кишки должен включать в себя внутриорганную ОКТ. Внутриорганная ОКТ является экспресс-методом исследования, облегчает выбор места взятия биопсийного материала для верификации патологического процесса. Гистоморфологическому анализу в первую очередь должны подвергаться биоптаты из участков, где имеются изменения структурности биоткани. В процессе динамического наблюдения необходимо в каждом конкретном случае учитывать наличие слоистости, изменение структурности, глубины полезного сигнала и сканирования.

### ВОЗМОЖНОСТИ ДИАГНОСТИЧЕСКОЙ РИНОЭНДОСКОПИИ В ПРАКТИКЕ ОТОРИНОЛАРИНГОЛОГА ДЕТСКОЙ ПОЛИКЛИНИКИ

П.Н. Волотов Наро-Фоминская больница, Наро-Фоминск Московской области

<u>Цель:</u> Изучить возможности применения эндоскопических методов исследования полости носа у детей с использованием жёстких эндоскопов различных диаметров и углов направления наблюдения, выработать методику осмотра, выявить проблемные вопросам и возможные трудности применения метода.

Материал и методы: В исследовании участвовали 55 детей в возрасте 4–15 лет (27 мальчиков и 28 девочек), которым была проведена диагностическая эндоскопия полости носа. Исследование проводили в положении пациента сидя с частично или полностью запрокинутой головой. При выраженном отёке слизистой оболочки, повышенной ранимости или чувствительности, а также в целях анестезии её

орошали 5 % раствором лидокаина и 0,5 % раствором фенилэфрина (спрей). В ходе исследования последовательно осматривали различные отделы полости носа и носоглотки. Эндоскоп с торцевой оптикой (угол направления наблюдения 0°, диаметр 4 мм) – стандартный инструмент для всех случаев назальной эндоскопии. Эндоскопы малого диаметра (2,7 или 1,9 мм) использовали в случае, когда доступ был ограничен вследствие выраженного искривления переднего отдела перегородки носа или у детей младшего возраста.

Результаты: При проведении риноэндоскопии изучали функциональное состояние хрящей крыльев носа, осматривали носоглотку, оценивая подвижность мягкого нёба и функцию глоточного отверстия слуховой трубы, обращая внимание на размер и состояние носоглоточной миндалины, а затем – средний носовой ход. При осторожном смещении средней носовой раковины медиальнее при помощи распатора Фреера наблюдению открывался характерный рельеф латеральной стенки полости носа. Клиновидно-решетчатый карман и апертура клиновидной пазухи были доступны осмотру при помощи эндоскопа с углом направления наблюдения 30°, 45° или 70°.

Заключение: Применение эндоскопических методов в диагностическом процессе позволяет достоверно, объективно и тщательно изучить в динамике состояние полости носа ребенка, уменьшить лучевую нагрузку, оценить результаты проведенного лечения, создать индивидуальный архив видеозаписей и использовать их для проведения телемедицинских консультаций.

К проблемным вопросам, к возможным трудностям процедуры риноэндоскопической диагностики можно отнести:

- ✓ плохое понимание пациентом действий врача, вследствие чего резкие движения больного могут привести к травматизации слизистой оболочки полости носа;
- ✓ имеющуюся нераспознанную аллергию (либо возможность внезапного развития аллергии или даже анафилаксии) к препаратам, используемым для анемизации и местной аппликационной анестезии слизистой оболочки полости носа и, как следствие, необходимость наличия антианафилактических укладок и подготовленного персонала;
- ✓ возможное развитие кровотечения вследствие либо склонности к носовым кровотечениям, либо болезни свертывающей системы

- крови и необходимости надежной его остановки в ходе обследования;
- ✓ потребность иметь в наличии и достаточное количество эндоскопов, и условия для их дезинфекции, предстерилизационной обработки, стерилизации.

### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЛАЗЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ЛЕЧЕНИИ ПОРАЖЕНИЙ КРОВЕНОСНЫХ СОСУДОВ В ОБЛАСТИ ГОЛОВЫ И ШЕИ У ДЕТЕЙ

Е.Ю. Гавеля, В.В. Рогинский, А.Г. Надточий НМИЦ "Центральный научноисследовательский институт стоматологии и челюстно-лицевой хирургии" Минздрава РФ, Москва

<u>Цель:</u> Внедрение в клиническую практику новых методов лечения с использованием различных видов лазеров у детей с различными поражениями кровеносных сосудов в области головы и шеи.

Материал и методы: В группу исследования вошли пациенты с мальформациями кровеносных сосудов – 189 чел., с гиперплазиями кровеносных сосудов (т.н. младенческая гемангиома в стадии резидуальных проявлений) – 65 чел., обследованных и пролеченных за 2015–2023 гг. на базе НМИЦ ЦНИИС и ЧЛХ г. Москвы. Для диагностики всем пациентам наряду с клиническими методами применялись дополнительные методы (ультрасонография с доплерографией, компьютерная капилляроскопия, магнитно-резонансная томография мягких тканей лица и шеи, головного мозга, патоморфологическое исследования).

Результаты: Проведено и проанализировано лечение детей с мальформациями кровеносных сосудов капиллярного типа с использованием импульсного лазера 595 нм на красителях (аппарат Vbeam Perfecta, фирмы Candela), отдалённые результаты лечения показали стойкий эстетический результат. Лечение детей с мальформациями кровеносных сосудов капиллярного типа (n=100) и резидуальных телеангиэктазий (n=54) проводили методом импульсной фототерапии. Данный метод лечения применялся с целью коррекции резидуальных телеангиэктазий после применения бета-блокаторов местного или системного действия, после хирургического лечения и как монометод. Проведено и проанализировано лечение детей с мальформациями кровеносных сосудов и с гиперплазиями кровеносных сосудов (стадия резидуальных проявлений) с применением метода открытой или закрытой лазерной коагуляции. У пациентов с мальформациями кровеносных сосудов лазерная коагуляция проводилась с использованием НО: Yag лазера (аппарат VersaPulsa PowerSuite, фирмы Lumenis) (n=89); пациентам с гиперплазией кровеносных сосудов (стадия резидуальных проявлений) проводился комбинированный метод (хирургический с лазерной коагуляцией) (n=11). На 2 способа лечения получены патенты РФ (№2814408, №2814409).

Заключение: При наличии поверхностных проявлений гиперплазии кровеносных сосудов и мальформаций кровеносных сосудов капиллярного типа для дифференциальной диагностики и определения стадии процесса всем пациентам перед лечением проводилось ультразвуковое исследованием с доплерографией и компьютерная капилляроскопия. Лечение детей с капиллярной мальформацией с использованием импульсного лазера на красителях в настоящее время является золотым стандартом и даёт хороший эстетический результат. У детей до 1 года эффективность лечения была выше, эффект от лазерного воздействия достигался быстрее и требовалось меньше сеансов под наркозом. На завершающих этапах лечения остаточных проявлений гиперплазии кровеносных сосудов эффективно проведение фототерапии импульсным лазером на красителях. При лечении мальформаций кровеносных сосудов комбинированный метод (хирургический в дополнении с лазерной коагуляцией) является эффективным и прогрессивным методом. Лазерная коагуляция преобразует патологические очаги мальформации кровеносных сосудов в фиброзно-жировую ткань, что в последующем облегчает работу хирурга при необходимости эстетической коррекции.

### КОМБИНИРОВАННАЯ ЛАЗЕРНАЯ ФОТОДЕСТРУКЦИЯ – СПОСОБ ЭФФЕКТИВНОГО ЛЕЧЕНИЯ ПИОГЕННОЙ ГРАНУЛЕМЫ У ДЕТЕЙ

Э.Н. Гасанова, Н.Е. Горбатова, О.О. Саруханян, А.В. Брянцев

Научно-исследовательский институт неотложной детской хирургиии и травматологии ДЗМ, Москва

<u>Цель:</u> Пиогенная гранулема (ПГ) – это приобретенное доброкачественное сосудистое образование кожи и слизистых оболочек. Особенностью пиогенной гранулемы является быстрый рост, с последующим эрозированием и образованием язв на поверхности, при минимальной травме в 7,5 % случаев наблюдается сильное кровотечение. Существует множество методов лечения, таких как хирургическое удаление, криотерапия, электрокоагуляция, склерозирование, аппликационная лазерная фотодеструкция, а также применение мазей на основе бета-адреноблокаторов. Однако данные методы имеют свои недостатки, такие как недостаточная радикальность лечения, необходимость проведения нескольких лечебных сеансов, непредсказуемая глубина воздействия и сохранение внутрикожных сосудов ПГ, что может способствовать рецидивам. В связи с этим неудовлетворительные клинические и эстетические результаты лечения отмечают до 25 % случаев. Это определяет необходимость выбора способа лечения, адаптированного к особенностям строения ПГ с учетом наличия базальных сосудов.

Материал и методы: В НИИ неотложной детской хирургии и травматологии ДЗ г. Москвы (НИИ НДХиТ) за последние три года проведен анализ результатов лечения 164 детей с пиогенными гранулемами кожи, из них 27 осложненных кровотечением. Оперативное вмешательство всем пациентам было выполнено разработанным в НИИ НДХиТ способом комбинированной лазерной фотодеструкции (патент РФ на изобретение способа № 27775665 от 06 июля 2022 г.). В работе использовали лазерный хирургический аппарат ЛСП "ИРЭ-Полюс" генерирующий (Россия), длину 0,97 мкм. Перед операцией всем пациентам проводили диагностическое ультразвуковое исследование (УЗИ) с цветовым доплеровским картированием (ЦДК) для определения характера и скорости кровотока в базальных сосудах ПГ. Оперативное лечение 137 пациенту было выполнено в плановом порядке в амбулаторных условиях под местной анестезией. В связи с кровоточащей ПГ, в 21 случаях была выполнена срочная операция под местной анестезией в условиях стационара, а у 6 детей с выраженным кровотечением произведено экстренное оперативное лечение под общим обезболиванием. Длительность операции составила 7±3 мин.

<u>Результаты:</u> Послеоперационный период у всех пациентов протекал без особенностей, с

полным заживлением раневого дефекта через 12±2 сут. На контрольных осмотрах и УЗИ через 6 месяцев – 1 год рецидивы или остаточные элементы сосудистого образования не были выявлены, зоны фотодеструкции представляли собой ровные, не деформирующие кожный покров участки на коже.

Заключение: Комбинированная лазерная фотодеструкция является прецизионным и радикальным способом удаления пиогенной гранулемы у детей, обеспечивающий удаление всех сосудистых структур пиогенной гранулемы без рубцовой деформации кожи, что позволяет достичь хорошего клинического и эстетического результата лечения.

### СОВРЕМЕННЫЕ ЛАЗЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРИ ЛЕЧЕНИИ ВЕНОЗНОЙ МАЛЬФОРМАЦИИ ГОЛОВКИ ПОЛОВОГО ЧЛЕНА. КЛИНИЧЕСКОЕ НАБЛЮДЕНИЕ

Э.Н. Гасанова, Н.Е. Горбатова, О.О. Саруханян, А.В. Брянцев Научно-исследовательский институт неотложной детской хирургиии и травматологии ДЗМ, Москва

Аннотация: Венозные мальформации головки полового члена встречаются очень редко, и выбор варианта их лечения до сих пор является спорным. Хирургическое иссечение и склеротерапия являются вариантами лечения первой линии при венозных мальформациях различных локализаций, но могут быть слишком агрессивными для данной анатомической локализации.

<u>Цель</u>: Улучшить результаты лечения пациентов с венозной мальформацией головки полового члена путем использования способа интерстициальной селективной лазерной фотодеструкции.

Материал и методы: В НИИ НДХиТ обратился пациент 7 лет с венозной мальформацией головки полового члена. Ребенку проведено обследование, диагноз установлен с использованием ультразвукового исследования с доплерографией (УЗИ с ЦДК) и магнитно-резонасной томорафии с контрастированием. В ходе обследования связи мальформации с уретрой и других сосудистых аномалий выявлено не было. Пациенту выполнена операция под общим обезболиванием лазерным хирургическим аппаратом ЛСП "ИРЭ-Полюс" по методике интер-

стициальной лазерной фотодеструкции с одномоментным использованием двух длин волн 0,97 и 1,56 мкм. Результат лечения оценивался с использованием УЗИ с ЦДК через 7, 30, 90 дней и 1 год после операции.

Результат: Прецизионно удалены все структуры венозной мальформации, получен надежный гемостаз при минимальном термическом повреждении окружающих тканей, что позволило достичь хорошего клинического и эстетического результата лечения и исключить возможность рецидива.

Заключение: Результат лечения венозной мальформации головки полового члена определил перспективу лечения методикой интерстициальной лазерной фотодеструкцией данной патологии в клинической практике хирургии детского возраста.

### применение лазерного воздействия зеленого спектра для стимуляции регенерации мышечной ткани после хирургического повреждения

Е.С. Головнева, Р.В. Тахавиев, Г.В. Брюхин Южно-Уральский государственный медицинский университет, Челябинск

Цель: Восстановление скелетной мышечной ткани после повреждений различного генеза является актуальной медицинской проблемой. В регенерирующей мышце происходит активация миосателлитоцитов, сопряженная с экспрессией факторов миогенеза, в том числе МуоD, пролиферацией и дифференцировкой в миоядра. Влияние зеленого лазера (520 нм) на ткани на сегодняшний день мало изучено. Цель настоящего исследования – анализ влияния зеленого лазерного воздействия на плотность расположения гиперхромных и МуоD<sup>+</sup> ядер миосателлитоцитов мышцы после хирургического повреждения.

Материал и методы: В эксперименте было использовано 70 крыс Wistar в возрасте 4–6 месяцев, были сформированы 3 группы: 0 группа – контроль (неповрежденная мышца); І группарезанная рана m. gastrocnemius без дополнительного воздействия; ІІ группа – резанная рана m. gastrocnemius с воздействием зеленого лазера. Хирургическая рана по центру m. gastrocnemius формировалась скальпелем. Воздействие лазерным излучением производилось сразу после нанесения резанной раны ла-

зерным аппаратом "Малахит" (Россия), 520 нм, мощность 1,0 Вт, в непрерывном режиме излучения, экспозиция 60 с. Животных выводили из опыта на 1, 3, 7, 14 и 30-е сут эксперимента. Гистологические срезы мышц окрашивались гематоксилин-эозином и иммуногистохимически с использованием антител к МуоD. Показатель количества ядер рассчитывали на увеличении 1000 с использованием масляной иммерсии.

Результаты: В группе воздействия зеленого лазера обнаруживалось увеличение количества гиперхромных ядер в зоне репарации мыппцы с первых суток наблюдения. При этом отмечалось достоверное увеличение плотности распределения МуоD<sup>+</sup> ядер в очаговой зоне по сравнению с интактной на 1-и, 3-и и 14-е сут эксперимента. Плотность расположения МуоD<sup>+</sup> ядер в очаговой зоне была выше, чем плотность расположения гиперхромных ядер, что свидетельствует об экспрессии факторов МуоD светлыми ядрами, а также о преобладании активированных миосателлитоцитов над неактивными в процессе репарации скелетной мышечной ткани.

Воздействие зеленого лазера на скелетные мышцы способствовало ранней активации миосателлитоцитов – на 3-и сут по сравнению с 7-и при естественном заживлении раны мышцы. Кроме того, отмечался широкий охват мышечной ткани репаративным процессом, так как после зеленой фотомодуляции количество МуоD+ ядер росло не только в очаговой зоне, но и вокруг нее.

Заключение: Наблюдаемая активация миосателлитоцитов с увеличением плотности их расположения при воздействии зеленого лазера может являться отправной точкой для разработки методик лазерной стимуляции регенерации тканей после хирургических вмешательств.

### СОСТОЯНИЕ КОЖНОЙ МИКРОЦИРКУЛЯЦИИ У ЧАСТО БОЛЕЮЩИХ РЕСПИРАТОРНЫМИ ЗАБОЛЕВАНИЯМИ ДЕТЕЙ 4-7 ЛЕТ

О.А. Гурова Российский университет дружбы народов им. Патриса Лумумбы, Москва

<u>Цель:</u> Частые респираторные заболевания у детей могут приводить к морфофункциональным изменениям в легких и развитию хро-

нического воспаления дыхательных путей. При этом наблюдаются изменения в состоянии сердечно-сосудистой системы, в том числе на уровне микроциркуляторного русла.

Материал и методы: Методами лазерной доплеровской флоуметрии (ЛДФ) с помощью аппарата ЛАКК-01 и телевизионной капилляроскопии кожи обследованы 15 детей в возрасте 4–7 лет, часто болеющих респираторными заболеваниями. Девять детей из группы имели сниженные на 36–54 % показатели проходимости бронхов мелкого калибра и имели диагноз бронхиальной астмы, у них исследование проводилось только в межприступный период. Результаты сравнивались с показателями 21 здорового ребенка того же возраста.

Результаты: ЛДФ-граммы, записанные на тыльной поверхности безымянного пальца кисти, у часто болеющих детей 4-7 лет в 60 % случаев имеют низкоамплитудный, монотонный вид. Величина показателей интенсивности микроциркуляции (ПМ) и колебаний потока крови (СКО) свидетельствует о снижении у этих детей кожного кровотока на 27-33 % по сравнению со здоровыми детьми. Анализ амплитудночастотного спектра ЛДФ-грамм у часто болеющих детей демонстрирует тенденцию к изменению соотношения между активными, вазомоторными, и пассивными, дыхательным и сердечным, механизмами регуляции микроциркуляции и снижению эффективности регуляторных процессов. Так, амплитуда вазомоторных LF-колебаний у обследованных детей составляет 1,13±0,29 перф.ед. (у здоровых лиц этого возраста 2,8±0,2 перф.ед), а их вклад в суммарный спектр ЛДФ-граммы не превышает 40 % (у здоровых около 50 %). Соотношение активных и пассивных механизмов регуляции микроциркуляции отражает индекс флаксмоций, величина которого у часто болеющих респираторными заболеваниями детей имеет тенденцию к снижению по сравнению со здоровыми составляет 1,52±0,17 усл.ед. (у детей с диагнозом бронхиальной астмы - от 0,79 до 1,55 усл.ед.). Полученные результаты согласуются с данными телевизионной капилляроскопии кожи тыльной поверхности безымянного пальца кисти, в соответствии с которыми в 93 % случаев у детей с бронхиальной астмой отмечается сужение микрососудов кожи и в 40 % случаев снижение плотности функционирующих капилляров. Визуальная оценка свидетельствует также о нарушении венозного оттока у 60 % испытуемых, что выражается в изменении артериоло-венулярного соотношения, увеличении зернистости кровотока и наличии агрегации эритроцитов. Степень этих изменений варьировала у различных испытуемых, но имела тенденцию к увеличению у детей с бронхиальной астмы.

Заключение: У часто болеющих респираторными заболеваниями детей наблюдается тенденция к снижению перфузии тканей кожи кровью и нарушению регуляторных механизмов микроциркуляции. Степень изменений увеличивается у детей с бронхиальной астмы.

### ПЕРСПЕКТИВА ЛАЗЕРОТЕРАПИИ КОМПЛЕКСНЫМ ИЗЛУЧЕНИЕМ ЛАЗЕРНОГО МЕДИЦИНСКОГО АППАРАТА "ЛИВАДИЯ" ДЛЯ ЛЕЧЕНИЯ ПОСЛЕОПЕРАЦИОННЫХ ОСЛОЖНЕНИЙ ЭПИТЕЛИАЛЬНОГО КОПЧИКОВОГО ХОДА У ДЕТЕЙ

M.A. Дворникова $^{\scriptscriptstyle 1}$ , Н.Е. Горбатова $^{\scriptscriptstyle 1}$ , А.В. Брянцев $^{\scriptscriptstyle 1}$ , Р.Т. Налбандян $^{\scriptscriptstyle 1}$ , А.А. Сироткин $^{\scriptscriptstyle 2}$ ,  $\Gamma$ .П. Кузьмин $^{\scriptscriptstyle 2}$ 

<sup>1</sup> НИИ неотложной детской хирургии и травматологии им. Л.М. Рошаля ДЗМ, Москва <sup>2</sup> Институт общей физики им. А.М. Прохорова РАН. Москва

<u>Цель:</u> У детей после хирургического лечения эпителиального копчикового хода рецидив заболевания отмечают до 50 % и послеоперационные осложнения раневого процесса – от 10 до 15 %, при этом значительно увеличивается длительность реабилитационного лечения, составляя в среднем от 4 до 10 нед. Цель – улучшить результаты и сократить сроки лечения послеоперационных осложнений после иссечения эпителиального копчикового хода у детей с помощью лазеротерапии комплексным излучением лазерного медицинского аппарата "Ливадия", Россия.

Материал и методы: Лазерная медицинская установка "Ливадия" содержит твердотельный лазер с диодной накачкой и реализует комбинацию низкоинтенсивного лазерного излучения трех фиксированных длин волн: инфракрасное ( $\lambda$ =1064 нм), зеленое ( $\lambda$ =532 нм) и ультрафиолетовое ( $\lambda$ =266 нм). Одновременное воздействие излучений этих длин волн обеспечивает уникальное сочетание основных

лечебных факторов – противовоспалительного, иммуномодулирующего и антибактериального прямого на патогенную микробную флору.

Данный лазерный аппарат использовали в НИИ НДХиТ с 2017 г. у 32 пациентов детского возраста, 13–17лет, для лечения послеоперационных осложнений, чаще расхождения краев или нагноения послеоперационной раны, а так же нагноения гематомы мягких тканей.

Всем этим больным был проведен курс лазеротерапии с использованием комплекса всех трех волн лазерного излучения аппарата "Ливадия". Пациентам проводили по 5 сеансов лазеротерапии, воздействуя над областью гнойного очага и внутрь раневых каналов с использованием проводника, общая длительность сеанса составляла не более 480 с. Выполняли посевы на флору и чувствительность к антибиотикам из ран и свищевых ходов до и после сеансов лазеротерапии.

Результаты: После второго сеанса лазерной терапии было отмечено значительное уменьшение клинических проявлений воспалительного раневого процесса, которые купировались после 5-го сеанса и к 7–10-ым сут наблюдали полное закрытие свищей и переход ран в стадию заживления. Сравнительные результаты раневых посевов подтвердили антибактериальный эффект. До сеанса определяли обильный рост патогенной флоры, после второго отмечено значительное уменьшение ее роста или полная деконтаминация, а также смена на непатогенную флору. Рецидивов воспалительного процесса у пролеченных больных не было.

Заключение: Лазеротерапия комплексным излучением аппарата "Ливадия" показала себя эффективным антибактериальным и противовоспалительным инструментом при лечении послеоперационных раневых осложнений эпителиального копчикового хода у детей. Данная методика позволила улучшить качество и сократить в 1,5 раза сроки лечения пациентов, а также определила перспективу его дальнейшего использования.

# ИНТЕРСТИЦИАЛЬНАЯ СЕЛЕКТИВНАЯ ЛАЗЕРНАЯ ФОТОДЕСТРУКЦИЯ – ЭФФЕКТИВНЫЙ И РАДИКАЛЬНЫЙ СПОСОБ ЛЕЧЕНИЯ ДЕТЕЙ С ОСЛОЖНЕННОЙ КРОВОТЕЧЕНИЕМ ОЧАГОВОЙ ФОРМОЙ ГЕМАНГИОМ

А.Г. Дорофеев, Н.Е. Горбатова, А.В. Брянцев, И.В. Батунина

Научно-исследовательский институт неотложной детской хирургии и травматологии ДЗ города Москвы, Москва

<u>Цель:</u> Младенческая гемангиома (МГ) доброкачественная врождённая сосудистая опухоль - встречается у 10 % всех новорожденных, у недоношенных детей в три раза чаще, в первые месяцы жизни ребенка наблюдают быстрое увеличение МГ. Осложнения общего и местного характера при изъязвлении и инфицировании выступающей части МГ отмечают в 40 % случаев, из них кровотечение в 7,5 %, что особенно опасно у маленьких детей. В связи с этим кровотечение из тканей гемангиомы считают абсолютным показанием к неотложному хирургическому лечению. На сегодняшний день существующие многочисленные методы лечения МГ, включая осложненные кровотечением, недостаточно эффективны и в 25 % случаев не обеспечивают радикальный результат и надежный гемостаз. В большинстве случаев это связано с оставлением базальной пролиферативной зоны очаговой гемангиомы и недостаточным гемостатическим эффектом при используемых способах лечения. Целью является улучшение результатов лечения детей с осложненными кровотечением МГ с помощью способа интерстициальной селективной лазерной фотодеструкции.

Материал и методы: В НИИ НДХиТ ДЗ г. Москвы за последние 5 лет по поводу осложненных кровотечением МГ было выполнено 16 детям оперативное лечение способом "Интерстициальной селективной лазерной фотодеструкции", (Патент РФ на изобретение № 2629802 от 04.09.2017 г.). Способ реализован одновременно двумя длинами волн лазерного излучения, 0,97 и 1,56 мкм, аппарата ЛСП "ИРЭ-Полюс" (РФ). После предоперационной подготовки и ультразвуковой диагностики (УЗИ) с цветовым доплеровским картированием (ЦДК) все операции были выполнены в условиях операционной стационара под общим

обезболиванием, средняя длительность операции составила не более 12±3 мин.

Результаты: Интраоперационно был отмечен полный гемостаз и фотодеструкция ткани гемангиомы, включая ее базальные отделы. В условиях стационара дети находились в среднем не более 4±1 койко-дней, затем – на амбулаторном долечивании. Послеоперационный период – без особенностей, заживление раневого дефекта через 25±5 дней. Наблюдение в отдаленные сроки и контрольное УЗИ с ЦДК подтвердило отсутствие рецидива и остаточных элементов гемангиомы, а также не было отмечено деформации кожного покрова в послеоперационной зоне.

Заключение: Способ интерстициальной селективной лазерной фотодеструкции обеспечивает радикальный результат лечения осложненных кровотечением очаговых форм гемангиом у детей.

### ТЕХНОЛОГИЯ СПЕКТРАЛЬНОГО ЦВЕТОВОГО ВЫДЕЛЕНИЯ В ОЦЕНКЕ КОЛОРЕКТАЛЬНЫХ НЕОПЛАЗИЙ

В.А. Дуванский<sup>1</sup>, А.В. Белков<sup>1</sup>, Н.А. Романчук<sup>2</sup> <sup>1</sup> Российский университет дружбы народов, Москва

<sup>2</sup> Клиническая больница № 85 ФМБА России, Москва

Актуальность: Эндоскопические технологии оптической визуализации, применяемые в настоящее время, позволяют определить диспластический и неопластический потенциал эпителиальных образований толстой кишки на ранних этапах их развития [1]. Виртуальная хромоскопия, аутофлуоресценция, технологии спектрального цветового выделения, узкоспектральная эндоскопия перспективны в данном направлении диагностики [2]. Технологии оптической визуализации позволяют провести дифференциальную диагностику эпителиальных образованиях толстой кишки и выбрать адекватный метод лечения [3].

<u>Цель:</u> Изучение возможностей модифицированного режима технологии спектрального цветового выделения для оценки эпителиальных образованиях толстой кишки.

Материал и методы: Проведено обследование нижних отделов желудочно-кишечного тракта 80 пациентов с эпителиальными образованиями толстой кишки. Было выявлено 171

эпителиальное образование. Использовали видеоэндоскопическую систему FUJINON EPX-4400 HD, аппарат EC-590ZW с технологией спектрального цветового выделения (FICE). Использовались два режима: стандартный режим – (R 500, G 445, B 415); модифицированный режим 0 (R 580, G 500, B 415). Режимы оптимальны для оценки эпителиальных образованиях толстой кишки по классификациям Kudo и Sano. Статистическую оценку осуществляли при помощи вычисления критерия хи-квадрата Пирсона и четырехпольных таблиц по каждому признаку.

Результаты: Распределение проводили по типу эпителиального образования (по Парижской классификации неоплазий): 0-Is - 50 образований (29,2 %), 0-Ip - 23 (13,4 %), 0-Isp -16 (9,4 %), 0-IIa – 80 (46,8 %), 0-IIb – 2 (1,2 %). По гистологическому типу они распределились следующим образом: гиперпластические образования - 70 (40,9 %), зубчатые образования на широком основании - 19 (11,1 %), традиционная зубчатая аденома – 6 (3,5 %), тубулярная аденома – 53 (31 %), тубулярно-ворсинчатая аденома – 8 (4,7 %), ворсинчатая аденома - 5 (2,9 %), карцинома - 3 (1,7 %), воспалительное образование - 7 (4,1 %). Проводили сравнение эндоскопических фотографий одних и тех же эпителиальных образованиях толстой кишки в белом свете, модифицированном и стандартном режимах технологии спектрального цветового выделения. Оно показало, что осмотр в модифицированном режиме в 6,6 раз имеет более четкое отображением поверхности эпителиальных образований.

Заключение: Применение модифицированного режима технологии спектрального цветового выделения позволяет проводить более точную диагностику эпителиальных образованиях толстой кишки на основе анализа микроваскулярного рисунка, ямочного рисунка и границ образования, что определяет тактику лечения.

- Дуванский В.А., Чесалина Я.О. Современные эндоскопические технологии в диагностике неоплазий толстой кишки // Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология. 2019. № 4 (164). С. 93-99.
- Duvansky V.A., Knyazev M.V. Autofluorescent endoscopic diagnostics of epithelial neoplasms in the colon // Journal of Gastroenterology and Hepatology. 2015. Vol. 30. № S4. P. 211
- Князев М.В., Дуванский В.А. Эндоскопическая резекция слизистой с диссекцией подслизистого слоя - 20 лет спустя (обзор зарубежной литературы) // Эксперимен-

тальная и клиническая гастроэнтерология. 2015. М 4 (116). С. 53-58.

# ПРИМЕНЕНИЕ ФОТОСЕНСИБИЛИЗАТОРОВ ПРОИЗВОДНЫХ ФТАЛОЦИАНИНА АЛЮМИНИЯ И ХЛОРИНА Е6 ДЛЯ ФОТОДИНАМИЧЕСКОЙ ТЕРАПИИ РАН И ЯЗВ

В.А. Дуванский, М.М. Гутоп Российский университет дружбы народов, Москва

Актуальность: По данным поисковой системы PubMed, результаты первых клинических исследований фотодинамической терапии (ФДТ) гнойных ран были представлены нами в журнале "Хирургия", 2004. № 10. Тремя годами ранее нами были получены патенты на способ лечения гнойных ран и трофических язв, с применением фотодинамической терапии (RU 2164427, RU 2164426) [1]. Известно влияние ФДТ на динамику микробной обсемененности ран, влияние её на скорость очищения от гнойно-некротических масс и скорость заживления ран [2]. Работы по применению ФДТ в лечении ран и трофических язв различного генеза и изучению ее влияния на репаративные процессы немногочисленны [3].

<u>Цель:</u> Оценить эффективность фотодинамической терапии (ФДТ) гнойных ран и трофических язв, с применением фотосенсибилизаторов производных фталоцианина алюминия и хлорина е6.

Материал и методы: Был проведен анализ результатов применения ФДТ в лечении 225 пациентов с острыми гнойными заболеваниями мягких тканей 132 (58,7 %) и трофическими язвами 93 (41,3 %). Контрольную группу, репрезентативную по полу, возрасту и нозологическим формам, составили 155 пациентов, которым проводили традиционное лечение. Для ФДТ 180 пациентов применяли фотосенсибилизатор "Фотосенс" (сульфированный фталоцианин алюминия). После 24-часовой аппликации фотосенсибилизатора, раны и язвы облучали красным светом газоразрядной лампы (длина волны – 600–700 нм) АТО-1 при плотности энергии 42 Дж/см<sup>2</sup>. У 45 пациентов в качестве фотосенсибилизатора применяли "Фотодитазин" (глюкаминовая соль хлорина еб), с длиной волны поглощения 662 нм. Экспозиция фотосенсибилизатора на ране 2 часа. Источником лазерного излучения служил аппарат "АТКУС–10". Плотность энергии 50 Дж/см<sup>2</sup>.

Результаты: Анализ проведенных исследований показал, что при ФДТ гнойных ран очищение ран от гнойно-некротических масс наступало на 3,2±0,8 сут, в группе сравнения на 9,8±0,7, появление грануляций и краевой эпителизации на 3,6±0,9 и 4,5±0,7, тогда как при традиционном лечении на 10,1±0,9 и  $10,6\pm1,6$  сут (p<0,01). Результаты лечения больных с трофическими язвами показали, что при традиционном лечении средние сроки очищеязвенной поверхности от гнойнонекротических масс составили 7,7±0,5 сут, появление грануляций отмечено на 19,0±0,9 сут, а заживление (эпителизация на 50 %) - на 27,3±1,0 сут. В группе, где применяли ФДТ, сроки очищения язв сократились в 2 раза, и составили 3,8±0,8 суток, появление грануляций отмечено на 10,7±0,6 сутки, а эпителизация язвенных дефектов на 50 % на 20,5±1,2 сутки.

Заключение: Фотодинамическая терапия гнойных ран и трофических язв с фотосенсибилизаторами производных фталоцианина алюминия и хлорина е6 позволяет сократить сроки очищения, появления грануляций и краевой эпителизации гнойных ран и трофических язв, в 1,5–2 раза по сравнению с аналогичными показателями при традиционном лечении.

- 1. Дуванский В.А. Физические и физико-химические методы в комплексном лечении гнойных ран и трофических язв // Автореферат дис. д-ра мед. наук. М. 2002. 30 с.
- Корабоев У.М., Тепляшин А.С., Странадко Е.Ф., Дуванский В.А., Толстых М.П. Способ лечения гнойных заболеваний мягких тканей с использованием фотосенсибилизатора "фотосенс" и источников света лазерного или нелазерного // Лазерная медицина. 1999. Т. 3. № 3-4. С. 80-82.
- Дуванский В.А., Попова Е.А. Первый опыт применения фотодинамической терапии в комплексном лечении дуоденальных язв // Лазерная медицина. 2004. Т. 8.
   № 3. С. 217.

# ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЛАЗЕРНОЙ ДОПЛЕРОВСКОЙ ФЛОУМЕТРИИ В ОЦЕНКЕ МИКРОЦИРКУЛЯЦИИ У БОЛЬНЫХ ХРОНИЧЕСКОЙ ВЕНОЗНОЙ НЕДОСТАТОЧНОСТЬЮ

В.А. Дуванский, М.М. Гутоп, М.М. Мусаев Российский университет дружбы народов, Москва Актуальность: Лазерная доплеровская флоуметрия (ЛДФ) – перспективный неинвазивный метод оценки микроциркуляции у больных хронической венозной недостаточностью (ХВН). Нарушения микроциркуляции отличаются значительной вариабельностью [1]. В нарушениях регионарной микроциркуляции можно выделить структурные изменения самих капилляров, гемодинамические и реологические сдвиги, происходящие внутри микрососудов, а также изменения, касающиеся периваскулярной зоны [2, 3].

<u>Цель:</u> Оценка микроциркуляции больных XBH методом ЛДФ.

Материал и методы: Был проведен анализ результатов обследования 151 больного, страдающего хронической венозной недостаточностью. Женщин было 107 (70,9 %), мужчин 44 (29,1 %). Возраст обследуемых больных колебался от 20 лет до 77 лет. Средний возраст больных составил 58,5±1,6 лет. Применяли лазерный анализатор капиллярного кровотока "ЛАКК-02" (Россия).

Результаты: Результаты исследования показали, что у пациентов с ХВН начиная с С2, отмечается повышение в 1,5-3 раза уровня ЛДФ-сигнала по сравнению со здоровыми людьми, выявляются различные нарушения в ритмах колебаний тканевого кровотока. Среднее значение показателя микроциркуляции (ПМ) - наиболее увеличенное у больных со стадиями С4-С5-С6. Уровень флаксмоций был уменьшен в 3-4 раза, причем у отдельных больных со стадией С4 наблюдалось резкое сглаживание регистрируемой кривой. Заметно измененным оказался и индекс флаксмоций (ИФМ), отражающий изменение соотношений низкочастотных и высокочастотных ритмов, что свидетельствует о глубоких нарушениях ритмической структуры колебаний тканевого кровотока. На ЛДФ-граммах отчетливо выявляется уменьшение по своей амплитуде низкочастотных (вазомоторных) колебаний, при этом амплитуда высокочастотных и пульсовых колебаний, напротив, увеличивается. Снижение уровня ЛДФ-сигнала, а также величина флакса у больных ХВН находится в прямой зависимости от стадии. На начальных стадиях ХВН (С1–С3), выявляемые изменения характеризуются, прежде всего, возникновением и развитием венозного застоя. Застойные явления в тканях приводят к повышению уровня ЛДФсигнала, с одномоментным уменьшением уровня флаксмоций. Снижение среднего квадратичного отклонения (СКО) и понижение ИФМ свидетельствует о нарушениях ритмической структуры колебаний тканевого кровотока.

Заключение: Исследования микроциркуляции методом лазерной доплеровской флоуметрии показали, что у больных с декомпенсированными формами ХВН реактивность микрососудов существенно понижается, что свидетельствует о глубоких нарушениях кровотока не только в магистральных сосудах, но и в системе микроциркуляции. Снижение функционального резерва капиллярного кровотока происходит за счет нарушения состояния регуляторных механизмов сосудов.

- 1. Дуванский В.А., Азизов Г.А. Особенности регионарной микроциркуляции у больных хронической венозной недостаточностью стадии С6. // Лазерная медицина. 2011; 15 (1): 12-5.
- 2. Дуванский В.А. Фотодинамическая терапия и NO-терапия в комплексном лечении больных с трофическими язвами венозного генеза. Лазерная медицина. 2004; 8 (1-2): 5-8.
- Дуванский В.А. Физические и физико-химические методы в комплексном лечении гнойных ран и трофических язв // Автореферат дис. д-ра мед. наук. М. 2002. 30 с.

### АУТОФЛУОРЕСЦЕНТНАЯ ДИАГНОСТИКА ЭПИТЕЛИАЛЬНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ ВЕРХНИХ ОТДЕЛОВ ЖЕЛУДОЧНО-КИШЕЧНОГО ТРАКТА

В.А. Дуванский, М.В. Князев, А.В. Белков Российский университет дружбы народов, Москва

Актуальность: Технологические возможности современной эндоскопии позволяют определить неопластический потенциал эпителиальных образований желудка на ранних этапах развития [1]. Повысить эффективность эндоскопической диагностики неоплазий желудка позволяют технологии оптической визуализации [2]. Применение аутофлуореценции, позволяет провести дифференциальную диагностику новообразований желудка при эндоскопическом исследовании и выбрать адекватный метод лечения [3].

<u>Цель:</u> Определить зависимость аутофлуоресцентного (АФ) окрашивания неоплазий желудка в зависимости от гистоморфологического строения.

<u>Материал и методы:</u> При обследовании верхних отделов желудочно-кишечного тракта

были выявлены эпителиальные образования желудка у 123 пациентов, возраст 22-83 года (52±5,9) мужчин – 46, женщин – 77. Применяли эндоскопическую видеосистему Olympus Lucera CV-260, с режимом аутофлуоресценции AFI. Фиксировали АФ-окрашивание образования в пурпурный или зеленый цвет. Для выяснения зависимости вида АФ-окрашивания эпителиальных образований желудка от их гистологического строения, все образования разделили на 4 группы в соответствии с Венской классификацией гастроинтестинальных неоплазий: 1-я группа включала в себя все виды гистоморфологически подтвержденных инвазивных и неинвазивных карцином; 2-я включала аденоматозные образования с диспластическими изменениями 1-3 степени; 3-я включала в себя образования с неопределенной дисплазией, смешанным аденоматозно-гиперпластическим гистологическим строением; 4-я контрольная включала в себя образования, негативные по диспластическим изменениям воспалительного характера.

Результаты: Возможности АФ-эндоскопии оценены с помощью показателей чувствительности, специфичности, прогностической ценности положительного результата и отношения правдоподобия. Они показали: чувствительность – 0,69; специфичность – 0,71; прогностическая ценность положительного результата – 0,92; прогностическая ценность отрицательного результата – 0,31; отношение правдоподобия – +LR–2,4 и –LR–0,43. Выявлено, что пурпурное АФ-окрашивание эпителиальных образований в 2,4 раза вероятнее, чем в контрольной группе.

Заключение: Исследования показали, что аутофлуоресцентное окрашивание эпителиальных образований желудка зависит от гистологического строения – карциноматозные и аденоматозные структурные изменения имеют пурпурный цвет. Аутофлуоресцентная характеристика позволяет во время эндоскопического исследования получить дополнительную информацию о гистологическом строении образования и применить адекватный метод лечения.

- Дуванский В.А., Чесалина Я.О. Современные эндоскопические технологии в диагностике неоплазий толстой кишки // Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология. 2019. № 4 (164). С. 93-99.
- 2. Duvansky V.A., Knyazev M.V. Autofluorescent endoscopic diagnostics of epithelial neoplasms in the colon // Journal of Gastroenterology and Hepatology. 2015. Vol. 30. № S4. P. 211.

3. Князев М.В., Дуванский В.А. Эндоскопическая резекция слизистой с диссекцией подслизистого слоя - 20 лет спустя (обзор зарубежной литературы) // Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология. 2015. № 4 (116). С. 53-58.

### АУТОФЛУОРЕСЦЕНТНАЯ ДИАГНОСТИКА ЭПИТЕЛИАЛЬНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ НИЖНИХ ОТДЕЛОВ ЖЕЛУДОЧНО-КИШЕЧНОГО ТРАКТА

В.А. Дуванский, М.В. Князев, А.В. Белков Российский университет дружбы народов, Москва

Актуальность: В клинической практике важно определение диспластического и неопластического потенциалов в эпителиальных образованиях толстой кишки на ранних этапах развития. Это возможно с использованием современных эндоскопических технологий оптической визуализации [1]. Согласно ряду исследований, перспективным методом визуализации является аутофлуоресценция [2]. Результаты применения аутофлуореценции позволяет провести дифференциальную диагностику эпителиальных образований толстой кишки и выбрать адекватный метод лечения [3].

<u>Цель:</u> Изучить зависимость аутофлуоресцентного (АФ) окрашивания эпителиальных образований толстой кишки от их морфологического строения.

Материал и методы: В клинике проведено обследование нижних отделов желудочно-кишечного тракта у 1674 пациентов. Возраст пациентов составил 58±13,9, мужчин было 761 (45,5 %), женщин 913 (54,5 %). У 269 пациентов (16 %) были выявлены эпителиальные образования. Применяли видеоколоноскопы фирмы Олимпас (Япония) модели GF-260 AL, оснащенные функцией высокого разрешения изображения (HD), увеличения изображения до 115 раз (ZOOM), осмотра в узком спектре света (NBI) и аутфлуоресценции (AFI). Для оценки зависимости вида АФ окрашивания эпителиальных образований толстой кишки от гистологического строения, все образования разделили на 4 группы по категориям в соответствии с Венской классификацией гастроинтестинальных неоплазий: 1-я группа включала в себя все виды гистоморфологически подтвержденных инвазивных и неинвазивных карцином; 2-я - аденоматозные образования с диспластическими изменениями 1-3 степени; 3-я - образования с

неопределенной дисплазией, смешанным аденоматозно-гиперпластическим гистологическим строением; 4-я (контрольная) – образования, негативные по диспластическим изменениям воспалительного характера. Для анализа полученных данных применяли методы статистического анализа качественных признаков, с вычислением абсолютных и относительных частот распределения, границы доверительного интервала.

Результаты: Анализ диагностических возможностей аутофлюоресцентного окрашивания эпителиальных образований толстой кишки проведен с помощью показателей чувствительности, специфичности, прогностической ценности положительного результата и отношения правдоподобия. Результаты показали, что чувствительность составила 0,84, специфичность – 0,62, прогностическая ценность положительного результата - 0,9, прогностическая ценность отрицательного результата -0,46, отношение правдоподобия – +LR- 2,21 и -LR-0,25. Для определения различий в АФокрашивании эпителиальных образований между гистологическими группами применен метод анализа распределения относительных частот.

Заключение: Проведенное исследование показало, что аденокарциномы, аденомы с дисплазией толстой кишки имеют пурпурное АФокрашивание. Было установлено, что АФ-окрашивание в пурпурный цвет эпителиальных образования толстой кишки, как маркера дисплазии, может служить дополнительным критерием в комплексе показаний для их эндоскопического удаления.

- Дуванский В.А., Чесалина Я.О. Современные эндоскопические технологии в диагностике неоплазий толстой кишки // Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология. 2019. № 4 (164). С. 93-99.
- 2. Duvansky V.A., Knyazev M.V. Autofluorescent endoscopic diagnostics of epithelial neoplasms in the colon // Journal of Gastroenterology and Hepatology. 2015. Vol. 30. № S4. P. 211.
- 3. Князев М.В., Дуванский В.А. Эндоскопическая резекция слизистой с диссекцией подслизистого слоя 20 лет спустя (обзор зарубежной литературы) // Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология. 2015. № 4 (116). С. 53-58.

# АНТИБАКТЕРИАЛЬНАЯ ФОТОДИНАМИЧЕСКАЯ ТЕРАПИЯ РАН С ФОТОСЕНСИБИЛИЗАТОРОМ ПРОИЗВОДНЫМ ХЛОРИНА Е6 В КОМБИНАЦИИ С АМФИФИЛЬНЫМИ ПОЛИМЕРАМИ И ГИДРОКСИАПАТИТОМ

В.А. Дуванский, Е.Ф. Шин, М.М. Гутоп Российский университет дружбы народов, Москва

Актуальность: Антибактериальная фотодинамическая терапия (ФДТ) с различными фотосенсибилизаторами является перспективной технологией лечения ран и язв различного генеза является [1]. В настоящее время разработаны фотосенсибилизаторы (ФС), обладающие низкой токсичностью, высокой селективностью накопления в пораженных тканях и органах и низкой терапевтической дозой вводимых препаратов [2]. Работы по применению ФДТ в лечении ран с ФС нового поколения и изучению ее влияния на репаративные процессы немногочисленны [5].

<u>Цель:</u> Изучить эффективность фотодинамической терапии огнестрельных ран с фотосенсибилизатором производным хлорина Е6 в комбинации с амфифильными полимерами и гидроксиапатитом.

Материал и методы: Был проведен эксперимент на 70 нелинейных крысах. Для ФДТ ран наносили огнестрельную рану, проводили первичную хирургическую обработку. Следующим этапом тампонировали рану марлевой салфеткой, смоченной раствором фотосенсибилизатора (ФС) 0,5 % в растворе димексида 25 %. В других опытных группах ФС был в форме геля. Через 2 часа экспозиции салфетку удаляли, а раневую поверхность облучали лазерным излучением. Использовали плотность мощности 1 Вт/см². Плотность энергии – 50 Дж/см². Длина волны – 661±0,03 нм. Для ФДТ применяли аппарат "АКТУС-2".

Результаты: Заживление ран в контрольной группе характеризовалось резко выраженными воспалительными, дистрофическими и некротическими изменениями, они развивались на фоне выраженных микроциркуляторных расстройств. Это служило причиной формирования обширной зоны сотрясения и вторичного некроза поврежденной ткани, а в последующем вялым развитием репаративных процессов. ФДТ с фотодитазином в комбина-

ции с амфифильными полимерами, в гелевой или микрокапсулированной формах стимулирует активизацию процессов очищения ран от колоний микроорганизмов, некротизированных тканей, масс фибрина. По сравнению с группой с ФДТ с фотодитазином в форме водного раствора – в большей степени. Об этом свидетельствуют менее выраженные признаки расстройства системы микроциркуляции и дистрофических и некротических процессов на третьи сутки исследований в зоне сотрясения.

Заключение: Фотодинамическая терапия с комплексом микрокапсулированный фотодитазин – амфифильный полимер экспериментальных огнестрельных ран мягких тканей приводит к ограничению развития вторичных некрозов, восстановлению жизнеспособности поврежденных тканей в зоне сотрясения, раннему развитию процессов репарации, выраженной активации макрофагов, стимуляции ангио- и коллагеногенеза, ускорению рубцевания и эпителизации раневого дефекта.

- 1. Корабоев У.М., Тепляшин А.С., Странадко Е.Ф., Дуванский В.А., Толстых М.П. Способ лечения гнойных заболеваний мягких тканей с использованием фотосенсибилизатора "фотосенс" и источников света лазерного или нелазерного // Лазерная медицина. 1999. Т. 3. № 3-4. С. 80-82.
- 2. Дуванский В.А., Елисеенко В.И. Эндоскопическая фотодинамическая терапия дуоденальных язв // Лазерная медицина. 2006. Т. 10. № 2. С. 10-14.
- 3. Дуванский В.А., Попова Е.А. Первый опыт применения фотодинамической терапии в комплексном лечении дуоденальных язв. Лазерная медицина. 2004. Т. 8. № 3. С. 217.

### ВОЗМОЖНОСТИ ОПТИЧЕСКОЙ КОГЕРЕНТНОЙ ТОМОГРАФИИ В ДИАГНОСТИКЕ ЗАБОЛЕВАНИЙ ШЕЙКИ МАТКИ

Р.А. Дуванский<sup>1</sup>, В.А. Дуванский<sup>2</sup>

<sup>1</sup> НМИЦ Лечебно-реабилитационный центр
Минздрава РФ, Москва

<sup>2</sup> Российский университет дружбы народов,
Москва

Актуальность: Заболевания шейки матки занимают лидирующее положение в структуре патологии женских половых органов. Оптическая когерентная томография – диагностический метод с высокой разрешающей способностью, позволяющий изучить объект на уровне оптической архитектоники тканей и опреде-

лить оптические характеристики различных патологических состояний шейки матки [1–3].

<u>Цель:</u> Оценить возможности оптической когерентной томографии (ОКТ) в диагностике фоновых заболеваний шейки матки.

Материал и методы: Проведено обследование 102 женщин с фоновыми заболеваниями шейки матки в возрасте от 19 до 43 лет. Выявлены следующие патологии шейки матки: эктопия – у 50 пациенток (49 %), лейкоплакия – у 36 (35,3 %), эндометриоз – у 9 (8,8 %), плоская кондилома шейки матки - у 7 (6,9 %). Для постановки диагноза и выбора метода лечения использовали данные дополнительных методов исследования: кольпоскопическое, бактериоскопическое, бактериологическое исследование, диагностику методом полимеразной цепной реакции. Кольпоскопическое обследование сопровождалось забором материала с поверхности экзоцервикса и эндоцервикса с обязательным прицельным захватом клеток со всех подозрительных участков. Для ОКТ диагностики был использован оптический томограф ОКТ 1300-У, разработанный ИПФ РАН г. Нижний Новгород. Идентификация томограмм проводили при сопоставлении кольпоскопического, оптического и гистологического изображения того же участка слизистой шейки матки.

Результаты: Исследования показали, что у пациенток с эктопией шейки матки без признаков эпителизации при проведении ОКТ-исследования отмечали: исчезновение горизонтально ориентированной, контрастной, двухслойной структуры, присущей слизистой шейки матки, покрытой зрелым многослойным плоским эпителием; скорость затухания томографического сигнала на протяжении изображения неравномерная - от умеренной до низкой. У пациенток с эндометриозом шейки матки при ОКТ-исследовании отмечали следующие признаки: изображение бесструктурно, отсутствуют контрастные слои, присущие здоровой ткани слизистой шейки матки; изображение умеренной яркости; скорость угасания томографического сигнала быстрое. У пациенток с тонкой лейкоплакией шейки матки при ОКТ-исследовании: изображение структурно, визуализируется двухслойная структура; верхний яркий слой утолщен, поверхность изображения особенно яркая; граница верхнего и нижнего слоя неровная, прерывается небольшими участками низкой яркости.

<u>Заключение:</u> Оптическая когерентная томография позволяет визуализировать морфо-

логическую структуру слизистой оболочки шейки матки в норме и при доброкачественной патологии на уровне слоев и внутритканевых элементов в виде структурных оптических образов. Потеря структурности на томограммах происходит параллельно увеличению тяжести процесса и выраженности кольпоскопических изменений и сопоставима с данными гистологического исследования.

- Дуванский В.А., Князев М.В., Краев Г.П., Осин В.Л. Эндоскопия в узком спектре и оптическая когерентная томография в диагностике толстокишечных неоплазий // Эндоскопическая хирургия. 2013. №.1, выпуск №2. С. 206.
- 2. Handbook of Optical Coherence Tomography // Ed. Bouma B.E., Tearney G.J. New York, Basel: Marcel Dekker, Inc., 2002. 741 p.
- 3. Torchinov A.M., Umakhanova M.M., Duvansky R.A., Duvansky V.A. et al. Photodynamic therapy of background and precancerous diseases of uterine cervix with photosensitisers of chlorine raw // Photodiagnosis and Photodynamic Therapy. 2008. Vol. 5. Suppl. 1. P. 45-46.

### ЛАЗЕРНАЯ ОСТЕОПЕРФОРАЦИЯ В ЛЕЧЕНИИ ХРОНИЧЕСКОГО ОГНЕСТРЕЛЬНОГО ОСТЕОМИЕЛИТА

А.В. Есипов, А.В. Алехнович, В.П. Минаев, А.Н. Забродский, П.С. Маркевич НМИЦ высоких медицинских технологий им. А.А.Вишневского, Красногорск

<u>Цель:</u> Частота встречаемости хронического огнестрельного остеомиелита составляет 25-30 % больных с повреждениями длинных трубчатых костей. Огнестрельный вариант, как известно, является одним из самых трудноподдающихся курации типов течения посттравматического остеомиелита. Особенностью его течения является более масштабный характер повреждения и гнойного расплавления кости, сочетающихся зачастую с дефектами костей, требующие неоднократных повторных оперативных вмешательств, направленных как на санацию, так и реконструкцию поврежденной кости. Вышеперечисленные обстоятельства диктуют необходимость поиска более эффективных методов лечения.

Материал и методы: Под наблюдением находилось 39 пациентов с диагнозом: хронический огнестрельный остеомиелит длинных трубчатых костей в период с 2022 по 2023 гг. Все больные были разделены на 2 группы: основная группа – 20 пациентов, которым в ком-

плексном лечении проводилась лазерная остеоперфорация кости (ЛОП) и группа клинического сравнения - 19 человек (курс стандартной терапии, который предполагал остеоперфорацию кости механическим путем). В исследование были включены пациенты с диагнозом хронического огнестрельного остеомиелита длинных трубчатых костей, имеющих дефекты кости до 10 см. Всем пациентам проведена ЛОП кости с нанесением до 15-20 перфорационных отверстий в двух взаимно-перпендикулярных плоскостях под комбинированной и проводниковой анестезией, результатом которой явилось стихание и/или полное купирование воспалительных процессов в гнойном очаге костной ткани малоинвазивным путем. Оперативное лечение проводилось лазерными аппаратами ЛСП "ИРЭ-Полюс" с длиной волны 0,97 мкм и ЛСП "ИРЭ-Полюс" с длиной волны 1,56 мкм под УЗИ-наведением. Суммарная энергия зависела от диаметра кости и составляла от 100 до 140 Дж.

Результаты: У 87 % больных основной группы отмечены признаки клинического улучшения (длительность и характер температурной кривой, безболезненное течение послеоперационного периода, в том числе за счет снижения внутрикостного давления), нормализации лабораторных показателей (снижение лейкоцитарного индекса) и рентгенологических данных (замещение полости гнойного очага склеротической тканью с последующей оссификацией), сокращение сроков лечения и количества рецидивов заболевания.

Заключение: Анализ полученных данных свидетельствует о том, что ЛОП длинных трубчатых костей при хроническом посттравматическом остеомиелите позволяет эффективно санировать гнойный очаг в длинных трубчатых костях, является малоинвазивным вмешательством, выполняемым под комбинированной/проводниковой анестезией, легко переносится пациентами с сопутствующей патологией и предотвращает развитие рецидивов.

# ДИАГНОСТИКА ПОВЕРХНОСТНЫХ ЭПИТЕЛИАЛЬНЫХ НОВОООБРАЗОВАНИЙ СЛИЗИСТОЙ ОБОЛОЧКИ ЖЕЛУДКА С ПРИМЕНЕНИЕМ КОНФОКАЛЬНОЙ ЛАЗЕРНОЙ ЭНДОМИКРОСКОПИИ

 $M.O.\ Завьялов^{1.2},\ A.\Gamma.\ Шулешова^2,\ E.B.\ Потехина^2,\ З.Н.\ Голикова^2$   $^1$  Долгопрудненская больница, Долгопрудный

<sup>2</sup> Учебно-научный медицинский центр Управления делами Президента РФ, Москва

<u>Цель:</u> Рак желудка, несмотря на незначительное снижение заболеваемости за последние десять лет продолжает оставаться одной из глобальных проблем мирового здравоохранения. В России рак желудка в структуре онкологической заболеваемости занимает 6-е место. Ведущим методом диагностики рака желудка на ранней стадии является эзофагогастродуоденоскопия (ЭГДС), которая применяется в том числе как срининговый метод в развитых странах. Новые уточняющие диагностические методики существенно расширили диапазон возможностей ЭГДС. При этом выявление раннего рака в Японии составляет более 50 %, в России – 14 % [1-3]. Цель исследования определить информативность и диагностическую значимость конфокальной лазерной эндомикроскопии (КЛЭМ), узкоспектральной (NBI) и оптической (Zoom) эндоскопии в диагностике поверхностных эпителиальных образований (ПЭО) слизистой оболочки желудка.

Материал и методы: В исследовании приняли участие 278 пациентов в возрасте от 29 до 96 лет с ПЭО слизистой оболочки желудка, у которых выявлено и изучено 407 образований слизистой оболочки желудка. Средний возраст пациентов составил 69,89±13,38 года. В первой группе у 150 пациентов было изучено 176 ПЭО с применением методом NBI+Zoom и последующим морфологическим исследованием, что позволило визуализировать изменения ямочного и капиллярного рисунка и границы очаговых изменений, а также соотнесение изменений с клеточным строением на гистологических препаратах. Во второй группе 128 пациентам было исследовано 231 ПЭО с применением NBI, Zoom и КЛЭМ. Для выполнения КЛЭМ использовалась система Cellvizio (Mauna Kea Technologies, Франция). Затем выполнена прицельная биопсия с последующим сравнением данных, полученных во время эндоскопического осмотра, с результатами гистологического

<u>Результаты:</u> В первой группе пациентов с применением NBI+Zoom установлена диагностическая ценность комплексного эндоскопического обследования. Для кишечной метаплазии диагностическая чувствительность, специфичность и точность составили 94,2, 84,7 и 90,3 % соответственно. При выявлении дис-

плазии/рака желудка диагностическая чувствительность, специфичность и точность составили 97,3, 87,8 и 89,8 % соответственно. Во второй группе пациентов с применением комплекса методом NBI+Zoom+КЛЭМ удалось получить следующие результаты. При выявлении кишечной метаплазии диагностическая чувствительность, специфичность и точность составили 100, 98,4 и 99,1 %, при диагностике фокусов дисплазии – 100, 91,2 и 92,6 %. При диагностике фокусов рака желудка – 100, 95,4 и 96,1 %.

Заключение: ЭГДС, дополненная различными эндоскопическими методами диагностики, включая КЛЭМ, значительно повышает диагностическую эффективность выявления ПЭО и с высокой точностью предсказывает гистологическое строение образования *in vivo*, что открывает новый горизонт в одномоментном применении эндоскопических методов лечения.

- Шулешова А.Г., Брехов Е.И., Завьялов М.О., Репин И.Г., Ульянов Д.Н., Потехина Е.В., Фомичева Н.В., Дуванский В.А., Назаров Н.С., Данилов Д.В. Конфокальная лазерная эндомикроскопия в диагностике неоплазий желудка // Эндоскопическая хирургия. 2014. №5. С. 24-30.
- Князев М.В., Дуванский В.А., Агейкина Н.В. Тримодальная эндоскопия в диагностике заболеваний желудочнокишечного тракта // Клиническая эндоскопия. 2012. № 4. С. 2.
- 3. Князев М.В., Дуванский В.А. Эндоскопическая резекция слизистой с диссекцией подслизистого слоя 20 лет спустя (обзор зарубежной литературы) // Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология. 2015. № 4 (116). С. 53-58.

### РЕМОДЕЛИРОВАНИЕ РУБЦОВЫХ ДЕФОРМАЦИЙ КОЖИ У ДЕТЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИМПУЛЬСНО-ПЕРИОДИЧЕСКОГО СО<sub>2</sub> ЛАЗЕРА

С.А. Золотов¹, Н.Е. Горбатова¹, А.В. Брянцев¹, С.М. Никифоров², Я.О. Симановский², А.В. Пенто² ¹ НИИ неотложной детской хирургии и травматологии ДЗМ, Москва

и травматологии дзм, москва <sup>2</sup> Институт общей физики им. А.М.Прохорова РАН, Москва

<u>Цель:</u> Своевременная и высокоэффективная коррекция рубцовых деформаций на видимых участках тела играет важную роль в процессе социальной интеграции детей. Традиционные подходы, включая консервативные и хирургические методы лечения, в первом слу-

чае недостаточно эффективны, во втором – могут привести к нежелательному травматическому повреждению, что не способствует достижению ожидаемого результата у пациентов детского возраста.

Материал и методы: В НИИ неотложной детской хирургии и травматологии (НИИ НДХиТ) в клиническую практику была введена стратегия комплексного лечения рубцовой деформации кожи у детей. Этот подход объединил физиотерапевтические процедуры, местную лекарственную терапию и лазерную дермабразию излучением импульсно-периодического СО2 лазера. Этот лазер имеет исключительно короткий импульс длительностью до 20 мкс и мощность в диапазоне от 20 до 40 мДж, что обеспечивает послойное удаление рубцовых тканей и исключает термическое повреждение подлежащих тканевых структур. В НИИ НДХиТ с 2011 по 2024 гг. была оказана специализированная помощь 504 детям с рубцовыми деформирующими изменениями кожного покрова, различной причины возникновения, из них незрелый характер рубцового процесса отмечен у 338 пациентов, а зрелый – у 166 детей. Гипертрофические формы рубцов присутствовали у 344 пациентов, у 110 отмечены нормотрофические и у 50 - атрофические рубцовые изменения.

Результаты: Курс комплексного лечения был успешно завершен у 85 % пациентов с существенным достижением улучшения клинических и эстетических результатов, а у оставшихся 15 % пациентов была отмечена положительная динамика изменений. Значительные улучшения клинического и эстетического характера были подтверждены уменьшением деформации и выравниванием поверхности кожи, что визуально соответствовало восстановлению ее нормальной структуры. Положительную динамику результатов лечения подтверждали сравнительными данными ультразвукового исследования, анализа силиконовых оттисков, а также фотодокументирование.

Заключение: Стратегия комплексного лечения, включающая физиотерапевтические процедуры, местную лекарственную терапию и лазерную дермабразию коротко-импульсным излучением импульсно-периодического  $\mathrm{CO}_2$  лазера, является высокоэффективный методом клинической и эстетической коррекции рубцовых деформаций кожи у детей и имеет значительный потенциал применения в клинической практике хирургии детского возраста.

#### ВНУТРИСОСУДИСТОЕ ЛАЗЕРНОЕ ОБЛУЧЕНИЕ КРОВИ В ЛЕЧЕНИИ ОСТРОГО ПАНКРЕАТИТА

Д.Н. Исаев $^{1}$ , С.М. Игнатьев $^{2}$ , Р.Ф. Ахметзянов $^{2}$ , Д.А. Якимов $^{1}$ 

<sup>1</sup> Ульяновский государственный университет, Ульяновск

<sup>2</sup> Центральная городская клиническая больница, Ульяновск

<u>Цель:</u> Основным методом лечения острого панкреатита, безусловно, является консервативный. При комплексной своевременной терапии удается добиться полного выздоровления в 90 % случаев без хирургического вмешательства. Послеоперационная летальность при остром панкреатите без дифференциации его клинических форм достигает 23,6 %.

В патогенезе острого панкреатита первостепенное значение имеют четыре взаимозависимых процесса: липолиз, протеолиз, демаркационное воспаление с выраженными нарушениями микроциркуляции крови и лимфы, панкреатогенный токсикоз.

Под воздействием лазерного излучения изменяются вязкость крови, агрегационная активность клеток, происходит коррекция сосудистого звена микроциркуляции, улучшаются показатели активности окислительно-восстановительных процессов, нормализуются процессы перекисного окисления липидов, ультраструктура мембранных образований, процессы синтеза белка, снижается агрессивность желудочного сока.

В работе проведена оценка результатов применения внутрисосудистого лазерного облучения крови у пациентов с острым панкреатитом.

Материал и методы: В клинике за 2021–2023 гг. под наблюдением находилось 65 пациентов с острым поражением поджелудочной железы. Критерии включения в исследование: пациенты от 18 до 70 лет, с диагнозом острого панкреатита средней степени тяжести без холедохолитиаза. Диагноз верифицировался на основании общепринятых клинических, лабораторных, биохимических и инструментальных критериев по единой схеме обследования. Всем пациентам проводилась комплексная своевременная терапия согласно стандартам лечения (НПВП, спазмолитики, ингибиторы ферментов, Н2 блокаторы, октреотид, инфузии, А/Б терапия по показаниям).

Первую группу составили 30 больных, которым дополнительно к рекомендованным

стандартам лечения, начиная с 1-го дня пребывания в стационаре проводилось внутрисосудистое лазерное облучение крови (ВЛОК) источником лазерной излучающей головки с длиной волны 635 нм (красный спектр) с помощью портативного аппарата лазера, с регулируемой мощностью (мощность излучения на выходе из наконечника световодного кабеля не менее 1,5 мВт). Курс лечения состоял из 7–10 процедур продолжительностью 30 мин.

Группу сравнения составили 25 пациентов, прошедшие курс лечения без применения ВЛОК.

Результаты: В первой группе сроки купирования болевого синдрома составили 7,8±2,2 дней, сроки нормализации показателей амилазы и лейкоцитоза составили 8,5±2,3 сут, оперативное лечение проведено у 3 пациентов. В контрольной группе сравнения сроки купирования болевого синдрома составили 8,2±2,3 сут, сроки нормализации показателей амилазы, лейкоцитоза – 8,7±2,1 сут, оперативное лечение проведено у 5 пациентов.

Заключение: Применение ВЛОК в комплексной терапии острого панкреатита позволяет уменьшить продолжительность болевого синдрома, сокращает сроки нормализации показателей крови, сроки стационарного лечения.

# ПРИМЕНЕНИЕ МУЛЬТИМОДАЛЬНОГО ПОДХОДА В ОПТИЧЕСКОЙ СПЕКТРОСКОПИИ ДЛЯ АНАЛИЗА ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ПЕЧЕНИ ПРИ МЕХАНИЧЕСКОЙ ЖЕЛТУХЕ

К.Ю. Кандурова<sup>1</sup>, В.Н. Приземин<sup>1</sup>, Д.С. Сумин<sup>1,2</sup>, А.В. Мамошин<sup>1,2</sup>, Е.В. Потапова<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Научно-технологический центр биомедицинской фотоники, Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева, Орел

<sup>2</sup> Орловская областная клиническая больница, Орёл

<u>Цель:</u> Одним из актуальных вопросов гепатобилиарной хирургии остается оценка функционального состояния печени при лечении синдрома механической желтухи (МЖ). Диагностика и лечение основного заболевания начинается с купирования холестаза в ходе малоинвазивных вмешательств, при котором врачу необходимо своевременно оценить состояние печени и выявить возможные осложнения. Применение спектроскопических методов мо-

жет являться одним из путей внедрения дополнительных объективных критериев и новых технологий для диагностики как интраоперационно, так и в динамике проводимого лечения. Таким образом, целью работы явилось мультимодальное исследование функционального состояния печени спектроскопическими методами *in vivo* и *in vitro* в ходе лечения синдрома МЖ.

Материал и методы: Для исследования были выбраны методы флуоресцентной спектроскопии (ФС), спектроскопии диффузного отражения (СДО) и спектроскопии комбинационного рассеяния (КР). ФС и СДО обладают высокой чувствительностью к метаболическим и структурным изменениям. Спектроскопия КР позволяет определять химический состав жидкостей и отслеживать изменения в динамике. В исследовании приняли участие 20 пациентов с синдромом МЖ, а также 11 пациентов без МЖ, измерения ФС у которых проводились во время пункционной биопсии. ФС и СДО применялись с помощью тонкоигольного зонда через доступ для установки дренажного катетера. После дренирования и каждые 3-4 дня измерялись спектры КР желчи. Спектры ФС подвергались деконволюции для оценки вклада основных флуорофоров. Спектры СДО использовались для расчета тканевой сатурации. В спектрах КР выделялись спектральные полосы билирубина (1258–1264 см<sup>-1</sup> и 1615–1620 см<sup>-1</sup>).

Результаты: ФС у пациентов с МЖ показала статистически значимое увеличение вклада в спектр кривых, отражающих флуоресценцию НАД(Ф)Н, флавинов, билирубина, витамина А и липофусцина, в отдельных случаях отмечалось увеличение вклада порфиринов. Спектры СДО также отразили различия в сатурации между группами пациентов. Оценка изменений содержания билирубина в желчи по амплитудам в выделенных полосах КР также позволила выделить несколько групп пациентов с положительной или отрицательной динамикой течения заболевания.

Заключение: Проведенные исследования показали, что оптическая спектроскопия открывает широкие возможности для оценки функционального состояния печени у больных с синдромом МЖ интраоперационно и в динамике. Рассмотренные параметры могут быть использованы в дальнейшем как перспективные диагностические и прогностические маркеры для применения в клинической практике

хирургов с целью корректировки лечебных алгоритмов.

Исследование выполнено при поддержке Российского научного фонда в рамках проекта N 23-25-00487 (https://rscf.ru/project/23-25-00487/).

# ЛАЗЕРНАЯ СКУЛЬПТУРНАЯ УВУЛОПАЛАТОПЛАСТИКА – ЭФФЕКТИВНЫЙ МЕТОД ЛЕЧЕНИЯ БОЛЬНЫХ РОНХОПАТИЕЙ И СИНДРОМОМ ОБСТРУКТИВНОГО АПНОЭ СНА

В.Б. Князьков Российский университет медицины Минэдрава РФ, Москва

<u>Цель:</u> Улучшение результатов хирургического лечения больных ронхопатией и синдромом обструктивного апноэ сна путем применения метода лазерной скульптурной увулопалатопластики. До настоящего времени выбор оптимальной лечебной тактики у этой категории больных представляет большие трудности, а эффективность лечения их традиционными методами остается явно неудовлетворительной и большинству из них не позволяет гарантированно добиться выздоровления.

Материал и методы: Представлены данные анализа результатов лазерного хирургичевмешательства на мягком небе, проведенного с 2011 по 2020 гг. 309 больным ронхопатией и синдромом обструктивного апноэ сна в возрасте от 41 года до 79 лет. Операция лазерной скульптурной увулопалатопластики выполнялась под местной анестезией путем послойного испарения участков патологически измененной слизистой оболочки и структур подслизистого слоя мягкого нёба при воздействии на них излучением СО<sub>2</sub>-лазера в режиме Super Puls и с применением сканирующей установки SurgiTouch, что обеспечивает минимальную травматизацию оперируемых тканей. Оптимизация параметров применяемого лазерного излучения лежит в основе физиологического заживления раневой поверхности мягкого нёба, что осуществляется преимущественно путем реституции тканей, т.е. восстановлением их целостности за счет нормальной клеточной структуры. Это обеспечивает полноценное восстановление и сохранение функции мягкого нёба, а также стойкое выздоровление больного.

Результаты: Результаты применения метода лазерной скульптурной увулопалатопластики для полноценного избавления больных ронхопатией и синдромом обструктивного апноэ сна от ночного храпа и связанных с ним осложнений свидетельствуют не только о безопасности выполнения и высокой эффективности (98,4 % случаев) данного хирургического вмешательства, но и о стойкости полученных результатов на протяжении 5 и более лет после операции.

Заключение: Лазерная скульптурная увулопалатопластика является безопасным и эффективным методом лечения больных ронхопатией и синдромом обструктивного апноэ сна, обеспечивающим стойкое и полноценное их избавление от ночного храпа и его осложнений.

### ЛАЗЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЛЕЧЕНИИ СОСУДИСТЫХ ЗВЕЗДОЧЕК (ТЕЛЕАНГИОЭКТАЗИЙ) НИЖНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ, КОЖИ ЛИЦА

О.И. Ковчур, П.И. Ковчур, А.И. Фетюков Петрозаводский государственный университет, Петрозаводск

Ретикулярный варикоз – это в первую очередь косметическая проблема, которая чаще наблюдается у женщин и проявляется расширением мелких внутрикожных сосудов и появлением телеангиоэктазий на нижних конечностях, лице.

По литературным данным, ими страдают от 30 до 45 % населения, не достигшего 45-летнего возраста. Чаще ретикулярные вены кожи нижних конечностей, лица встречаются у женщин, чем у мужчин (4:1).

<u>Цель:</u> Изучить возможности использования устройства IPLTM Quantum DL, лазерной системы на иттрий – алюминиевом гранате с неодимом, работающий на длине волны 1064 нм и многофункциональной лазерной системы Velure S5-неодимовый лазер на кристалле нового типа (Neodym Vanadate Nd:YVO4) с длиной волны 532 нм в лечении телеангиоэктазий (сосудистых звездочек) нижних конечностей, кожи лица.

Материал и методы: Проведен анализ результатов лазерного лечения 189 пациентов, находящихся на амбулаторном лечении за период с 2019 по 2023 гг. в возрасте от 25 до 53 лет. Женщин – 162 (85,7%), мужчин – 27

(14,3 %). Из 189 пациентов 113 (70,2 %) пациентам ранее выполнялась склеротерапия ретикулярных вен нижних конечностей.

У 131 пациента отмечались ретикулярные вены нижних конечностей, у 58 – купероз кожи лица, у 79 – сочетанное наличие ретикулярных вен нижних конечностей и купероза кожи лица.

Результаты: В лечении телеангиоэктазий нижних конечностей у всех 131 пациентов использовалась лазерная система IPLTM Quantum DL с длиной волны 1064 нм и лазерная система Velure S5 с длиной волны 532 нм при куперозе кожи лица. Использовались 3 программы лазерной системы с последовательным запуском импульсов с запрограммированными параметрами для лазерной насадки. Лечение подбиралось индивидуально в зависимости от типа сосуда.

Курс лечения составлял 3–4 процедуры с интервалом 2–3 недели. Пациентам с повышенной чувствительностью к боли процедура проводилась под предварительной аппликационной анестезией кремом Эмла или Анестоп. После процедуры назначали флеботоники (детралекс 1000 мг или флебодиа 600 мг) 1 таб. в день 2 мес, на обработанные участки кожи наносился пантенол аэрозоль 2–3 раза в день 1–2 дня или адвантан.

Отдаленные результаты изучены у 153 пациентов (80,9 %) в сроки от одного до 3 лет. Хорошие результаты отмечены у 95 % пациентов. Осложнений не было.

Заключение: Таким образом, использование лазерной системы на иттрий – алюминиевом гранате с неодимом, работающей на длине волны 1064 нм, и лазерной системы Velure S5-неодимовый лазер на кристалле нового типа (Neodym Vanadate Nd:YV04) с длиной волны 532 нм являются методом выбора лечения телеангиоэктазий нижних конечностей и кожи лица, Чрезкожное лазерное лечение телеангиоэктазий (сосудистых звездочек) является весьма эффективным методом коррекции данной патологии. Использование данной методики является косметичным, и практически не приводит к осложнениям. Процедура отличается высокой эффективностью и безопасностью.

### ДИФФЕРЕНЦИРОВАННЫЙ ПОДХОД К ЛАЗЕРНОЙ И РАДИОВОЛНОВОЙ ХИРУРГИИ В ЛЕЧЕНИИ ИНТРАЭПИТЕЛИАЛЬНЫХ НЕОПЛАЗИЙ ШЕЙКИ МАТКИ, ВЛАГАЛИЩА И ВУЛЬВЫ

П.И. Ковчур, О.И. Ковчур, А.И. Фетюков Петрозаводский государственный университет, Петрозаводск

Развитие от интраэпителиальных неоплазий шейки матки, вульвы и влагалища в преинвазивный и далее инвазивный рак составляет от 10 до 15 лет в зависимости от иммунного статуса больной, типа папилломавирусной инфекции, сопутствующей патологии и наличия дополнительного бактериального инфицирования. Своевременная диагностика и эффективное лечение интраэпителиальных неоплазий шейки матки, вульвы и влагалища приводит к снижению вероятности возникновения рака шейки матки, вульвы влагалища.

<u>Цель:</u> Оценка дифференцированного подхода к использованию лазерной и радиочастотной хирургии в лечении интраэпителиальных неоплазий шейки матки, вульвы и влагалища, связанных с вирусом папилломы человека (ВПЧ).

Материал и методы: Обследовано 3 группы пациенток с интраэпителиальными неоплазиями 1-2, 2-й степени шейки матки, вульвы и влагалища с помощью кольпоскопии, вульвоскопии, шитологического, гистологического исследований. Во всех группах в 100 % случаев обнаружен ВПЧ. В 1-ой группе (n=55) – выполнено только лазерное лечение. Во 2-ой группе (n=57) – радиоволновая хирургия, в связи с осложненной деформацией шейки матки; в 3ей группе (n=45) применялась комбинация лазерной и радиочастотной хирургии, где показанием для дополнительного лазерного лечения были остроконечные кондиломы на вульве, шейке матки и во влагалище. При вульвоскопии определялся паппилломатоз, и методом ПЦР были выявлены ВПЧ 6, 11, 74 в сочетании с 16, 31,33 и 18 генотипами ВПЧ. Всем пациентам выполнена биопсия остроконечных кондилом, где диагностирована вульварная интраэпителиальная неоплазия 1, 1-2-ой степени. Проведено лазерное лечение шейки матки, вульвы и влагалища отечественными хирургическими аппаратами "Ланцет-2" и "Аллод-01" по стандартной методике и радиоволновым генератором "Фотек ЕА 141". Оценка эффективности лечения шейки матки, вульвы и влагалища проводилась с помощью ПЦР-контроля, цитологического, кольпоскопического и вульскопического исследований через 3 мес от начала лечения.

Результаты: В 1-ой группе эффективность только лазерного лечения у пациенток составила 94,5 % (52). В 5,5 % (3) – отмечена неполная эпителизация и йод-негативные зоны. Во 2-ой группе эффективность радиоволновой эксцизии шейки матки составила 87,7 % (50), йод-негативные зоны, эндометриоз шейки матки, неполная эпителизация – 12,3 % (7). В 3-ей группе эффективность комбинированного использования лазерной и радиочастотной хиругии шейки матки, вульвы и влагалища составила 91,1 % (41), рецидивы составили 4 случая (8,9 %), что потребовало дополнительного лечения.

Заключение: Результаты лечения интраэпителиальных неоплазий шейки матки, вульвы и влагалища показывают необходимость комбинированного использования лазерных и радиоволновых технологий при выполнении операций на шейке матки, вульве и влагалище. Это утверждение с одной стороны, улучшает качество лечения интраэпителиальных неоплазий шейки матки, вульвы и влагалища, с другой стороны, у женщин репродуктивного возраста, сохраняет ее репродуктивную функцию, предупреждая развитие рака.

### ЛАЗЕРОТЕРАПИЯ В КОМПЛЕКСНОМ ЛЕЧЕНИИ ЦЕРВИКАЛЬНЫХ, ВАГИНАЛЬНЫХ И ВУЛЬВАРНЫХ ИНТРАЭПИТЕЛИАЛЬНЫХ НЕОПЛАЗИЙ

П.И. Ковчур, О.И. Ковчур, А.И. Фетюков Петрозаводский государственный университет, Петрозаводск

Системной задачей для гинекологов является организация "скрининга" женского населения с целью выявления интраэпителиальных неоплазий шейки матки, вульвы и влагалища и их своевременное лечение, что приводит в конечном итоге к снижению смертности от рака шейки матки, вульвы и влагалища.

<u>Цель:</u> Изучить результаты лазерной хирургии на хирургических аппаратах "Ланцет-2" и "Аллод-01" в комплексной терапии интраэпителиальных неоплазий шейки матки, вульвы и влагалища.

Материал и методы: Изучено 3 группы пациенток с помощью кольпоскопии, вульвоскопии, определения вируса папилломы человека (ВПЧ), цитологического и гистологического исследований. 1-ая группа - пациентки с осложненным эктропионом, лейкоплакиями шейки матки (n= 185), где ВПЧ выявлен у 37,3 % (69) пациенток. Генотип 16 - 37 (53,7 %), 18 - 5 (7,3%), 33-7(10,1%), 31-7(10,1%), 31+33-2(2,9 %), 6, 11, 74 – 11 (15,9 %). 2-ая группа – с цервикальными интраэпителиальными неоплазиями (ЦИН) 1–2, 2-ой степени (n=47) и ВПЧ - y 100 % пациенток. Генотип 16 - 27 (57,4 %); тип 18-4 (8,5 %); тип 33-5 (10,6 %); тип 33, 31, 74-2 (4,3 %); тип 31, 33-3 (6,4 %); тип 11, 6, 74- 6 (12,8 %). 3-я группа (*n*=37) - пациентки с вульварными интраэпителиальными неоплазиями 1-2 степени (n=21) и вагинальными интраэпителиальными неоплазиями 1-2-ой степени (n=16) с генотипами ВПЧ в 100 % случаев - сочетание 6, 11, 74 и 16 типов. Всем выполнено лазерное лечение шейки, влагалища и вульвы аппаратами "Ланцет-2" и "Аллод-01". Дополнительно у пациентов с ВПЧ после лазерного лечения проведен "Аллокином-альфа" по 1 мг 6 раз через день, подкожно. Оценка результатов лечения - с помощью ПЦР-контроля ВПЧ, цитологического, кольпоскопического и вульвоскопического исследований через 3 мес от начала

<u>Результаты:</u> В 1-ой группе (n=189) у женщин с эктропионом, лейкоплакиями шейки матки и ВПЧ (n=69) через 3 мес после комплексного лечения (лазерная деструкция + иммунотерапия) эффективность лечения составила 94,2 % случаев. В 5,8 % выявлена неполная эпителизация, йод-негативные зоны и ВПЧ (вирусная нагрузка <2lg 10<sup>5</sup>). У оставшихся пациенток без ВПЧ (n=120) эффективность только лазерного лечения составила 85,8 % (103) (14,2 % – неполная эпителизация), что потребовало повторного лечения. Во 2-ой группе (n=47) v пациенток с ЦИН 1-2, 2-ой степени и ВПЧ после комплексного лечения эффективность составила 95,7 % (n=45). В 3-ей группе (n=37) эффективность лечения составила 91,9 % при 3 случаях рецидива заболевания, что потребовало повторного лечения. Специфичность лазерной хирургии - это возможность дополнительной лазерной обработки влагалища, вульвы и шейки матки при обширном их поражении и получении хороших результатов лечения отечественными хирургическими аппаратами "Ланцет-2" и "Аллод-01".

Заключение: Воздействие хирургического лазера ликвидирует формируемый внутриэпителиальный опухолевый очаг, продуцирующий перепрограммирование иммунного и стромального микроокружения опухоли, обеспечивая высокую эффективность лечения (91,8 %— 94,2 –95,7 %) в группах исследования. Применение иммунотерапии 2-м этапом усиливает противовоспалительный и иммунный эффект, улучшая результаты лечения.

# СПЕКТРОСКОПИЧЕСКИЙ ИНТРАОПЕРАЦИОННЫЙ МЕТОД ОЦЕНКИ САТУРАЦИИ БИОЛОГИЧЕСКИХ ТКАНЕЙ КИСЛОРОДОМ ПРИ РЕЗЕКЦИИ ТРАХЕИ И ПИЩЕВОДА

А.А. Кривецкая<sup>1,2</sup>, Д.М. Кустов<sup>1</sup>, В.Д. Паршин<sup>4</sup>, С.В. Осминин<sup>3</sup>, Е.В. Евентьева<sup>3</sup>, М.А. Урсов<sup>4</sup>, А.В. Марийко<sup>4</sup>, В.В. Левкин<sup>3</sup>, Т.А. Савельева<sup>1,2</sup>
<sup>1</sup> Институт общей физики им. А.М. Прохорова РАН. Москва

<sup>2</sup> Инженерно-физический институт биомедицины, Национальный исследовательский ядерный университет "МИФИ", Москва <sup>3</sup> Университетская клиническая больница №1 Первого МГМУ им. М.И. Сеченова, Москва <sup>4</sup> НМИЦ ФПИ Минздрава РФ, Москва

<u>Цель</u>: Уровень кровоснабжения тканей после наложения анастомоза влияет на риск возникновения послеоперационных осложнений. Целью данной работы является апробация разработанного метода оценки состояния тканей посредством определения степени их сатурации кислородом во время операций по резекции трахеи или пищевода.

Материал и методы: Для определения уровня сатурации биологических тканей кислородом применялся метод спектроскопии диффузного рассеяния. Установка для проведения измерений включает спектрометр "ЛЭСА-01-БИОСПЕК", источник широкополосного излучения в видимом диапазоне длин волн, оптическое волокно и компьютер с программой UnoMomento. Также для моделирования распространения света и предварительной оценки количества диффузно отраженного света в тканях трахеи и органов желудочно-кишечного тракта применялся метод Монте-Карло.

<u>Результаты:</u> Оценка степени сатурации тканей кислородом проводилась на нескольких этапах во время операции, в том числе после

наложения анастомозов. В исследовании приняло участие 8 пациентов с новообразованиями или стенозом трахеи и 9 пациентов со злокачественными новообразованиями или непроходимостью пищевода. При резекции трахеи при проведении оценки сатурации несостоятельность анастомоза наблюдалась в одном случае и была вызвана механическим повреждением. При резекции пищевода частота несостоятельностей анастомоза с использованием рассматриваемого метода (11,1%) ниже, чем без него (21,4%), однако для получения статистически значимых различий необходим набор большего числа пациентов.

Заключение: По результатам проведенного исследования метод спектроскопии диффузного рассеяния является чувствительным к изменениям уровня сатурации биологических тканей кислородом и позволяет проводить объективную оценку кровоснабжения тканей трахеи и пищевода в режиме реального времени.

Работа выполнена в рамках государственного задания НИЯУ МИФИ (FSWU-2023-0070).

## ИНТРАОПЕРАЦИОННАЯ ФОТОДИНАМИЧЕСКАЯ ТЕРАПИЯ И ФОТОДИНАМИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ ПРИ КОМБИНИРОВАННОМ ЛЕЧЕНИИ МЕСТНОРАСПРОСТРАНЕННОГО РАКА ТОЛСТОЙ КИШКИ

И.В. Крочек<sup>1,3</sup>, Р.Д. Ибатуллин<sup>3</sup>, А.В. Лаппа<sup>2</sup>, А.Е. Анчугова<sup>1,2</sup>
<sup>1</sup> Южно-Уральский государственный медицинский университет Минздрава РФ, Челябинск
<sup>2</sup> Челябинский государственный университет, Челябинск
<sup>3</sup> Городская клиническая больница №1, Челябинск

<u>Цель:</u> По последним данным аналитического отчета МНИОИ им. П.А. Герцена колоректальный рак находится на третьем месте по распространенности онкологических заболеваний в России. Для его лечения (в 64,9 % случаев для опухолей ободочной кишки и 44,7 % – для опухолей ректосигмоидного отдела и прямой кишки), используют исключительно хирургический метод, но иногда удаления первичной опухоли и метастатических очагов недостаточно из-за прогрессирования опухолевого про-

цесса. По данным некоторых авторов, во время операции у 12-30 % больных раком толстой кишки обнаруживают местное распространение опухоли. Для снижения риска местного рецидива и перитонеального канцероматоза применяют комбинированные способы лечения, сочетающие хирургический метод с дополнительными противоопухолевыми методами воздействия на область операционного поля. Одним из таких дополнительных методов является фотодинамическая терапия (ФДТ). В работе исследуется комбинированный способ лечения местнораспространённого рака толстой кишки с применением интраоперационной лазерной фотодинамической терапии с фотосенсибилизатором "Фотолон".

Материал и методы: 35 пациентов были разделены на две сопоставимые группы: в контрольную группу вошли 18 больных, которым было выполнено только хирургическое лечение, основную группу составили 17 больных, которым дополнительно проводилась интраоперационая фотодинамическая терапия. Она включала в себя: введение фотосенсибилизатора, лазерное облучение и фотодинамическую диагностику. Последняя выполнялась абсорбционным методом, реализованным на установке собственной конструкции, и использовалась для выработки тактики облучения различных тканей.

Результаты: Полученные первичные и отдаленные результаты лечения показывают, что все показатели (кроме длительности операции) в основной группе лучше, чем в контрольной, а такие важнейшие показатели как летальность, рецидив, гнойные осложнения и стойкая ремиссия, – достоверно лучше в основной группе с высоким уровнем значимости.

Заключение: Итраоперационная фотодинамическая терапия местнораспространенного рака толстой кишки с "Фотолоном" под фотодинамическим контролем улучшает результаты чисто хирургического лечения.

## ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОЦИРКУЛЯЦИИ В КОЖЕ С ПОМОЩЬЮ ЛАЗЕРНОЙ ДОПЛЕРОВСКОЙ ФЛОУМЕТРИИ ПОСЛЕ ВВЕДЕНИЯ МЕЗОНИТЕЙ В СОЧЕТАНИИ С ПОЛИДЕЗОКСИРИБОНУКЛЕОТИДАМИ

А.С. Кубаева, В.В. Асташов, Э.А. Баткаев, И.А. Ерохина, А.С. Белобородов Российский университет дружбы народов им. Патриса Лумумбы, Москва

<u>Цель:</u> Изучение параметров микроциркуляции кожи после введения мезонитей в сочетании с полидезоксирибонуклеотидами.

Материал и методы: Исследование выполнено на 20 крысах-самцах породы Вистар, массой от 200 до 230 г, содержавшихся в виварии РУДН. Экспериментальные исследования одобрены этическим комитетом Медицинского института РУДН. Животных разделили на 2 экспериментальные группы по 10 животных в каждой: 1) группа животных - под наркозом ("Золетил 100", Virbac, Франция) субдермально были введены линейные монофиламентные мезонити из полидиоксанона (ПДО) – диаметр иглы – 30G, диаметр нити – USP 7-0. В области имплантации предварительно сбривали шерсть, с соблюдением правил асептики вводили мезонити в количестве 10 штук, в технике "сетка" – слева от позвоночного столба, на 6 см выше основания хвоста и отступая на 1 см от позвоночного столба, на расстоянии 1,5-2 мм друг от друга; 2) группа животных - под наркозом субдермально введены линейные мезонити из ПДО с инъекциями мезотерапевтического препарата на основе полидезоксирибонуклеотидов (ПДРН). ПДРН вводили в объеме 0,5 мл (в 5 точек в пределах "сетки" введенных мезонитей по 0,1 мл) интрадермально.

Исследование микрокрово- и лимфоциркуляции производили под наркозом с помощью метода лазерной доплеровской флоуметрии (ЛДФ) на приборе ЛАЗМА МЦ (ООО НПП "ЛАЗМА", Россия) на 85-е сут после введения препаратов на двух участках кожи, по середине и по периферии "сетки", а также на симметричных участках кожи на противоположной половине спины животных. Результаты показателей периферического кровотока (ПК) и лимфотока (ПЛ) в перфузионных единицах (п.е.) оценивали с помощью стандартных статистических методов. После исследования проводили эвтаназию животных под наркозом и забирали фрагменты кожи для гистологического исследования. Результаты: На 85-е сут после введения на гистологических препаратах выявлены мезонити, частично заполненные пучками коллагеновых волокон. Вокруг монофиламентов преобладают фибробласты, а коллагеновые волокна формируют хорошо развитую периферическую зону и располагаются циркулярно.

В центре "сетки" показатель ПК, при введении только мезонитей, в сравнении с контрольными значениями (7,5±0,62 п.е.), увеличился незначительно (на 7 %), а на периферии – на 4 %. При сочетанном введении мезонитей и ПДРН показатель ПК значимо возрастает на 22 % в центральной части "сетки" и на 35 % на периферии, в сравнении с контролем. Показатель ПЛ при сочетанном использовании препаратов в центре "сетки" увеличивался на 20 % в сравнении с контролем (0,58±0,02 п.е.), а на периферии – на 13 %.

Заключение: Результаты нашего исследования свидетельствуют, что показатели периферического кровотока и лимфотока значимо возрастают в коже крыс при сочетанном применении мезонитей и ПДРН в сравнении с контролем и монотерапией мезонитями. Можно заключить, что применение ПДРН в дополнении к введению мезонитей, способствует активации периферической перфузии тканей, а также несосудистой циркуляции тканевой жидкости и лимфодренажа.

## ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ВНУТРИПРОСВЕТНОЙ ЭНДОСКОПИЧЕСКОЙ ФОТОДИНАМИЧЕСКОЙ ТЕРАПИИ В ЛЕЧЕНИИ ОНКОЛОГИЧЕСКИХ ПАЦИЕНТОВ МНОГОПРОФИЛЬНОГО СТАЦИОНАРА

С.М. Лобач, А.В. Ванян, А.В. Добрун, Д.В. Распереза, Д.А. Творогов Северо-Западный окружной научноклинический центр имени Л.Г. Соколова ФМБА России, Санкт-Петербург

<u>Цель:</u> Оценить результаты применения метода эндоскопической внутрипросветной фотодинамической терапии (ФДТ) при злокачественных образованиях пищеварительной и дыхательной систем у больных многопрофильного стационара.

Материал и методы: С 2014 по 2023 гг. в СЗОНКЦ им. Л.Г. Соколова внутрипросветная эндоскопическая ФДТ выполнена 35 пациентам: ФДТ прямой кишки – в 1 случае при адено-

карциноме прямой кишки; ФДТ при опухолях пищевода и желудка – в 10 случаях (6 – плоскоклеточный рак, 4 – аденокарцинома), из них в 6 случаях с опухолевым стенозом; ФДТ при опухолях трахеобронхиального дерева – в 20 случаях (16 – плоскоклеточный рак, 4 – аденокарцинома), из них у 5 пациентов со стенозом долевого бронха с ателектазом; ФДТ при опухолях органов панкреатобилиарной зоны – в 14 случаях при холангиокарциноме и раке БДС (10 – плоскоклеточный рак, 4 – аденокарцинома).

В большинстве случаев ФДТ проводилась как этап комбинированного лечения пациентов с раком IV стадии с различной первичной локализацией, и лишь в двух случаях – как метод монотерапии раннего плоскоклеточного рака пищевода и плоскоклеточного рака нижнедолевого бронха  $T_{1a}N_0M_0$ . Решение о ФДТ принималось онкологическим консилиумом у функционально неоперабельных пациентов.

В качестве фотосенсибилизатора использовали препараты хлоринового ряда в концентрации 1 мг/кг, который вводился в/в за 2–3 часа до лечения. Для облучения использовался диодный лазер с длиной волны 662 нм, плотность энергии 150–200 Дж/см² с экспозицией от 10 до 15 мин, облучение проводили с помощью цилиндрического диффузора с длиной рабочей части от 1 до 5 см.

Результат: У всех пациентов после ФДТ наблюдалась положительная динамика: частичная регрессия опухоли - у 33 пациентов с восстановлением проходимости пищеварительного, билиарного тракта или дыхательных путей и в 2 случаях – полная регрессия опухоли у пациентов с ранним раком. Положительный результат в виде уменьшения размеров первичной опухоли и отсутствия прогрессирования заболевания отмечен у всех пациентов на протяжении 12 мес после лечения. Результаты оценивались комплексно на основании данных эндоскопической картины через 3, 6 и 12 мес и результатов плановых КТ грудной клетки и органов брюшной полости и МР ХПГ через 6 и 12 мес после ФДТ.

Осложнения в послеоперационном периоде отмечены в одном случае – развитие мерцательной аритмии. ФДТ не повлияло на режимы лекарственной или лучевой терапии в программе комплексного лечения.

Заключение: Эндоскопическая внутрипросветная ФДТ повышает эффективность комплексного лечения пациентов со злокачественными образованиями различной локализации, а в случаях раннего рака может быть первичным и окончательным методом терапии онкологических заболеваний.

### ЭФФЕКТИВНОСТЬ МЕТОДА ФОТОДИНАМИЧЕСКОЙ ТЕРАПИИ ПРИ РАКЕ ПИЩЕВОДА

В.Н. Мельникова, С.В. Росинский, В.О. Тимошенко Красноярский краевой клинический онкологический диспансер им. А.И. Крыжановского, Красноярск

<u>Цель:</u> Улучшение результатов паллиативного лечения больных с местнораспространенными формами рака пищевода (РП) путем использования фотодинамической терапии (ФДТ), как самостоятельного метода лечения, так и в сочетании с химиолучевой терапией (ХЛТ); оценка эффективности метода у пациентов с поверхностной формой РП и остаточным опухолевым процессом после ХЛТ.

Материал и методы: С января 2022 г. по март 2024 г. эндоскопическая ФДТ была проведена 20 пациентам в возрасте от 51 года до 85 лет с РП, подтвержденным гистологически. Использовали препарат радахлорин в дозе 0,6-0,8-1 мг/кг с последующим фотооблучением опухоли через 2,5 часа после его внутривенного введения, применяя лазер с длиной волны 662 нм на аппарате ЛАХТА-МИЛОН. Световая доза составляла 150-300 Дж/см<sup>2</sup>. Фотосенсибилизатор и дозу светового воздействия подбирали индивидуально. Общее время процедуры составляло от 10 до 30 мин. Контрольная эзофагогастродуоденоскопия (ЭГДС) осуществлялась через сутки, далее через 1, 3, 6 мес. При наличии остаточной опухоли проводили повторный сеанс ФДТ. Пациенты были разделены на две группы. В первую вошли 8 пациентов с поверхностной формой рака пищевода  $(T_{1a}N_{0}M_{0})$ , согласно классификации TNM, имеющие противопоказания к радикальному хирургическому лечению или в случае их отказа от него, а также пациенты с остаточным опухолевым процессом пищевода после ХЛТ. Случаев дисфагии в данной группе до лечения отмечено не было, ФДТ применяли в качестве самостоятельного метода лечения. Вторая группа больных представлена 12 пациентами с местнораспространенной формой рака пищевода, сопровождающейся дисфагией II-III ст., которым ФДТ была проведена с целью паллиативного лечения. По локализации опухолевого процесса пациенты распределились следующим образом: в средней трети пищевода – у 12, нижней трети – у 6, в кардиальном отделе желудка с переходом на нижнюю треть пищевода – у 2 пациентов.

Результаты: В первой группе у шестерых пациентов в результате ФДТ получена полная регрессия опухоли (что доказано морфологически и при осмотре в узкоспектральных режимах данных областей). Во время контрольной ЭГДС неизмененная слизистая визуализировалась у троих пациентов, у двух - рубцовая деформация на месте ранее выявленного образования, у одного сформировался рубцовый стеноз 2 степени, который эффективно был разрешен с помощью баллонной дилатации. Во второй группе пациентов полное восстановление просвета пищевода отмечено у 9 больных - до 1 см и более после реканализации. Частичное восстановление просвета пищевода отмечено у 3 пациентов - до 0,6-0,8 см.

Выводы: Эндоскопическая ФДТ может быть использована в качестве эффективного паллиативного метода лечения у больных со стенозирующим РП ограниченной протяженности, которая приводит к уменьшению степени дисфагии и улучшению качества жизни данной категории пациентов. В ходе работы выявлено, что применение ФДТ позволяет достичь полной регрессии опухолевых тканей при поверхностных формах РП, а также может использоваться и для деструкции остаточной опухоли после ХЛТ.

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА СТЕПЕНИ ПОВРЕЖДЕНИЯ СТЕНКИ ЖЕЛЧНЫХ ПРОТОКОВ ТУЛИЕВЫМ ВОЛОКОННЫМ ЛАЗЕРОМ С ФУНКЦИЕЙ АВТОМАТИЧЕСКОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТИПА ТКАНИ

М.В. Мурашкина<sup>1</sup>, С.А. Будзинский<sup>1,2</sup>, С.Г. Шаповальянц<sup>1,2</sup>, Л.М. Михалева<sup>1,3</sup>, К.С. Маслёнкина<sup>2,3</sup>, А.И. Хижняк<sup>1</sup>, В.А. Андреева<sup>4</sup>, О.И. Байцаева<sup>4</sup>, Е.Д. Федоров<sup>1,2</sup>
<sup>1</sup> РНИМУ им. Н.И. Пирогова Минздрава РФ, Москва

<sup>2</sup> Городская клиническая больница № 31 им. акад. Г.М. Савельевой ДЗМ, Москва <sup>3</sup> НИИМЧ им. акад. А.П. Авцына ФГБНУ "РНЦХ им. акад. Б.В. Петровского", Москва <sup>4</sup> ООО НТО "ИРЭ-Полюс", Фрязино

Цель: Внутрипротоковая литотрипсия суперимпульсным тулиевым волоконным лазером через сверхтонкий холангиоскоп не позволяет полностью исключить локальное повреждение стенки протоков, даже при наличии визуального контроля положения лазерного волокна в просвете желчного дерева. Для оценки новой функции лазера отечественного производства UROLASE+ PREMIUM (ООО НТО "ИРЭ-Полюс"), призванной полностью исключить случайное лазерное воздействие на ткани протоковой системы печени, нами был проведен эксперимент *in vitro*.

Материал и методы: На биологическом препарате желчных протоков свиньи, а также билиарном конкременте человека, извлеченном из желчного пузыря после лапароскопической холецистэктомии, для настройки датчика распознавания была произведена калибровка. Лазерное волокно, проведенное через инструментальный канал холангиоскопа, в водной среде поочередно подведено к стенке желчного протока и к камню; с использованием спектроскопии отраженного ими сигнала была произведена настройка датчика распознавания типа ткани. В режиме UltraPulse с включённой функцией автоматического распознавания различий между живой тканью и камнем были произведены многократные попытки воздействия на слизистую оболочку желчных протоков разного калибра. Параметры мощности составляли от 20 до 60 Вт, энергия импульса от 10 до 30 Дж, а частота импульсов от 2 до 4 Гц. Далее функция распознавания типа ткани была отключена и воздействие было повторено в описанных режимах мощности. Завершался эксперимент моделированием контактной литотрипсии с включённым и отключённым датчиком типа ткани.

Результаты: При включённом режиме распознавания лазерная система точно определяла тип ткани и, несмотря на повышение мощности, не активировалась при наведении на стенку протоков. При отключённом датчике распознавания отмечалось повреждающее воздействие на стенку желчных протоков с формированием перфорационных отверстий. При повышении мощности воздействия, макроскопически отмечено увеличение диаметра повреждения, что было подтверждено гистологически. Так при мощности 20 Вт (10 Дж, 2 Гц) диаметр коагуляционного дефекта составил 5 мм, в то время как при 60 Вт (20 Дж, 3 Гц) размер повреждения кратно возрос и составил от 12 до 15 мм, с локальным некрозом и

разрушением стенки протока, прилежащей жировой ткани и паренхимы печени.

Далее, в процессе воспроизведения контактной литотрипсии было установлено, что при включённом датчике распознавания лазер не активировался, если волокно было направлено на слизистую оболочку протоков. Однако при переводе торца лазерного волокна на камень (педаль лазера продолжали удерживать в активной позиции) было зафиксировано включение и мощное воздействие лазерного луча с фрагментацией камня. Переключение из неактивной в активную фазу работы (анализ отражаемого камнем сигнала) заняло 1,5 секунды, при этом блокировка лазерной эмиссии происходит незамедлительно при наведении волоконного инструмента на живую ткань. При отключении функции распознавания "ткань-камень" и повторении последовательности воздействия, желчный камень также был разрушен до мелких фрагментов, но одновременно было отмечено трансмуральное повреждение стенки желчного протока.

Заключение: При проведении эксперимента in vitro показано, что после активации функции распознавания "ткань-камень" работа лазера автоматически останавливается при его наведении на стенку протока. При отключении данной защитной функции и попадании лазерного луча на стенку желчного протока воздействие приводит к гистологически подтвержденному локальному трансмуральному повреждению с широким (до 15 мм) диапазоном коагуляционного некроза прилегающих тканей. Новая функция автоматического распознавания типа ткани может позволить полностью предотвратить непреднамеренное повреждение стенки желчного дерева в ходе внутрипротоковой контактной литотрипсии.

### ЛАЗЕРНАЯ ХРОМОЭНДОСКОПИЧЕСКАЯ ЭРАДИКАЦИЯ HELICOBACTER PYLORI

О.Н. Павлов ООО "Клиника ОМС", Ярославль

<u>Цель</u>: Оценка эффективности эндоскопической лазерной терапии в лечении эрозивноязвенных и воспалительных заболеваний желудка и двенадцатиперстной кишки, ассоциированных с *Helicobacter pylori*, и изучение результатов воздействия лазерного облучения с использованием фотосенсибилизатора на

штаммы Helicobacter pylori, устойчивые к стандартным медикаментозным схемам лечения.

Материал и методы: В исследование были включены 35 больных (21 мужчина и 14 женщин), которым ранее проводилось от 2 до 5 курсов эрадикационной терапии. Критерием включения в исследование являлось отсутствие динамики при проведении контрольного эндоскопического исследования у больных после очередного курса медикаментозной терапии. У всех пациентов с клинически установленным диагнозом, подтверждённым эндоскопическим и морфологическими методами, направленных по завершению курса лечения на контрольную эзофагогастродуоденоскопию (ЭДГС) при отсутствии эндоскопической динамики проводилось взятие биопсий слизистой оболочки из антрального и фундального отделов желудка с проведением уреазного экспресстеста и морфологического исследования биоптатов цитологическим и гистологическим методами - первичное исследование. С интервалами в 2-3 дня проводилось три сеанса лазерхромоэндоскопической эрадикации Helicobacter pylori (ЛХЭЭ). При ЭДГС производилось окрашивание слизистой оболочки всех отделов желудка 0,5 % раствором метиленового синего (хромоскопия) и через световод выполнялось лазерное облучение слизистой оболочки желудка лазерным медицинским аппаратом "ЛАМИ", экспозиция облучения 5 мин. После двух сеансов ЛХЭЭ повторно выполнялись биопсии слизистой оболочки из антрального и фундального отделов желудка с проведением уреазного теста и морфологической диагностики Helicobacter pylori – вторичное исследование. Контроль эрадикации Helicobacter pylori проводился уреазным и морфологическими методами через 6 нед после завершения ЛХЭЭ – заключительное исследование.

Результаты: При ЭДГС у большинства больных выявлено сочетание воспалительных изменений слизистой оболочки желудка и двенадцатиперстной кишки при первичном исследовании. Проведение одного сеанса ЛХЭЭ способствовало исчезновению признаков воспаления слизистой оболочки желудка у 100 % больных и у 66 % больных в двенадцатиперстной кишке. Эрозии слизистой оболочки после первого сеанса ЛХЭЭ оставались лишь у 33 % пациентов в желудке и у 20 % больных в двенадцатиперстной кишке. Особо следует отметить динамику заживления язв желудка, размеры которых после однократного проведения ЛХЭЭ уменьшались втрое с

исчезновением глубины дна язв. После второго сеанса ЛХЭЭ воспалительно-деструктивные изменения слизистой оболочки желудка и двенадцатиперстной кишки у всех пациентов отсутствовали. После трёх сеансов ЛХЭЭ отрицательный уреазный тест зафиксирован у 85,8 % пациентов в антральном отделе желудка и у 88,5 % пациентов в фундальном отделе, морфологическими методами Helicobacter pylori не обнаружен у 71,4 % больных в антральном отделе желудка и у 77,1 % (по данным цитологии) – 80 % (по данным гистологии) больных в фундальном отделе.

Заключение: Лазерная ХромоЭндоскопическая Эрадикация значительно сокращает сроки заживления Helicobacter pylori-ассоциированных воспалительно-деструктивных изменений слизистой оболочки желудка и двенадцатиперстной кишки, позволяет добиться эрадикации Helicobacter pylori без риска развития побочных лекарственных осложнений и может использоваться у пациентов с развитием резистентности к медикаментозным схемам лечения в качестве альтернативного метода эрадикации резистентных штаммов Helicobacter pylori.

### ЭНДОСКОПИЧЕСКАЯ ФОТО-ДИНАМИЧЕСКАЯ ТЕРАПИЯ ПАТОЛОГИЧЕСКИХ СОУСТИЙ У ОНКОЛОГИЧЕСКИХ ПАЦИЕНТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТИЛЕНОВОГО СИНЕГО В КАЧЕСТВЕ ФОТОСЕНСИБИЛИЗАТОРА

В.В. Подольский, Е.А. Каменева, Ф.В. Подольский Курский онкологический научно-клинический центр имени Г.Е. Островерхова, Курск

<u>Цель:</u> Лечение онкологических пациентов часто осложняется появлением патологических соустий. Опухолевый процесс вызывает иммунодепрессию, гипопротеинемию, оказывает прямое деструктивное действие. На фоне агрессивных методов лечения, обеспечивающих радикальность, часто присоединяется инфекция, некроз как форма лечебного патоморфоза. Указанные факторы определяют полиэтиологичность проблемы. Фотодинамическая терапия (ФДТ) является перспективным методом её решения, т.к. обладает противоопухолевым, иммуномодулирующим и антибактериальным потенциалом.

<u>Материал и методы:</u> В исследование вошли 11 пациентов, которым проводилась эндоскопи-

ческая ФДТ в период с 2022 по 2023 гг. по поводу патологических соустий: пищеводно-лёгочного, бронхоплеврального (7), кожно-ларингеального (2), трахеопищеводного. Применялся полупроводниковый лазер 662 нм с плотностью энергии 74,4 Дж/см², цилиндрический диффузор и микролинза, орошение фотосенсибилизатором метиленовым синим (водный 0,05 % раствор). Количество сеансов в курсе от 7 до 14, в 4 случаях потребовались повторные курсы.

Результаты: Пищеводно-лёгочный свищ, бронхоплевральные свищи в 6 случаях полностью излечены благодаря консолидации лёгочной ткани и вторичному рубцеванию. Один кожно-ларингеальный свищ зарубцевался, второй уменьшился на 80 %, что позволило хирургам выполнить пластическую операцию. В одном случае бронхоплевральный свищ уменьшился на 80 % одновременно с полным рубцеванием сопутствующего кожно-плеврального свища (без наружного облучения): достигнуто удовлетворительное качество жизни. Трахеопищеводное соустье не ответило на лечение, потребовалась реконструктивная операция.

Заключение: Таким образом, ФДТ с метиленовым синим является перспективным методом лечения патологических соустий у онкологических пациентов, требующим дальнейшего изучения и оптимизации.

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СИНЕГО ( $\lambda$ =450 HM) ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ДЛЯ УДАЛЕНИЯ ВРОЖДЕННЫХ ГИГАНТСКИХ ПИГМЕНТНЫХ НЕВУСОВ У ДЕТЕЙ

С.А. Подурар¹, Н.Е. Горбатова¹, А.В. Брянцев¹, О.В. Карасева¹, А.Д. Платонова¹, А.С. Тертычный², Г.А. Варев³¹НИИ неотложной детской хирургии и травматологии ДЗМ., Россия²Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава РФ, Москва³ООО "Русский инженерный клуб", Тула

<u>Цель:</u> В настоящее время метод лечения врожденных гигантских пигментных невусов (ВГПН) с использованием лазерного излучения находит широкое применение, и его активно внедряют в клиническую практику детской хирургии. ВГПН – образования кожи, состоящие из клеток-меланоцитов коричневого цвета, часто занимающие большие по площади поверх-

ности кожного покрова. Классифицируют их в зависимости от размеров на малую форму (от 1,5 до 5,0 см<sup>2</sup>), среднюю (от 5,0 до 50,0 см<sup>2</sup>) и истинно гигантскую (от 50,0 см<sup>2</sup> и более). ВГПН, в связи с изменением облика ребенка, представляют актуальную медицинскую и одновременно психосоциальную проблему. Травматическое повреждение и избыточная инсоляция нередко вызывают воспаление (64,9 %), кровотечение (23,2 %), у взрослых могут малигнизироваться (10-15 %). Многочисленные существующие методы лечения ВГПН не всегда эффективны или часто не применимы из-за большой площади образования. В связи с этим, неудовлетворительные результаты лечения отмечают от 6 % до 41 % пациентов, осложнения - у 50 % пациентов, чаще в виде рубцовой деформации кожи или рецидива образования. На сегодняшний день появились немногочисленные публикации по использованию синего лазерного излучения λ=450 нм, имеющего почти одинаковый пик поглощения меланином, фракциями гемоглобина и в меньшей степени водой. Проблема лечения ВГПН актуальна и требует поиска новых эффективных способов удаления. Целью работы является оценка эффективности использования синего лазерного излучения λ=450 нм для удаления ВГПН у детей.

Материал и методы: Работа выполнена в НИИ НДХиТ ДЗМ и включала экспериментальную и клиническую часть. Для удаления ВГПН использовали синее лазерное излучение λ=450 нм, аппарата "Лазермед 10-03" (ООО "РИК"), Россия. Экспериментальное исследование проведено на модельных биологических объектах: in vitro - охлажденных образцах печени и мышц мини-свиней; in vivo - на живых лабораторных крысах с кожей черно-коричневого цвета. Клиническая часть исследования включала лечение 16 пациентов с различными формами ВГПН, из них: с малой формой - 6, со средней – 6 и с истинно гигантской формой – 4 детей. Они имели возраст от 6 лет до 18 лет. Локализация ВГПН у 7 детей была на лице, у 3 – в области спины, у 2 – на передней поверхности грудной клетки, у 1 пациента - на брюшной стенке и у 3 детей - на конечностях.

Результаты: Отмечена эффективность использования синего лазерного излучения  $\lambda$ =450 нм для послойного удаления врожденных гигантских пигментных невусов у детей.

Заключение: Результаты использования синего лазерного излучения  $\lambda$ =450 нм опреде-

лили эффективность и перспективу его применения для послойного удаления врожденных гигантских пигментных невусов в хирургии детей.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДВУХВОЛНОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ЛАЗЕРА НА ПАРАХ МЕДИ ДЛЯ БЕЗОПАСНОГО ЛЕЧЕНИЯ НОВООБРАЗОВАНИЙ КОЖИ В ПЕРИОРБИТАЛЬНОЙ ОБЛАСТИ

И.В. Пономарев¹, С.Б. Топчий¹, С.В. Ключарева², М.В. Федотова²
¹ ФИАН им. П.Н. Лебедева, Москва
² Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова, Санкт-Петербург

Цель: Лечение лазером новообразований в периорбитальной области, очень важной с эстетической точки зрения, должно обеспечить не только хороший косметический результат, но и не нарушить функции глаза и зрения. Неселективные технологии (например, радиочастотное воздействие, пилинги или аблационные лазеры) могут приводить к рубцеванию, выпадению ресниц и тяжелым функциональным осложнениям органа зрения из-за малой толщины кожи. Использование лазеров ближнего инфракрасного диапазона (рубиновый, александритовый и Nd:YAG) в периорбитальной области несет опасность побочных эффектов, включая отеки, повреждение стекловидного тела и радужной оболочки и даже частичную слепоту. Применение двухволнового излучения лазера на парах меди в периорбитальной области более безопасно по сравнению с другими лазерными системами из-за высокого поглощения излучения меланином, оксигемоглобином и гемоглобином на длинах волн 511 нм и 578 нм, что определяется эффективной глубиной проникновения излучения лазера на парах меди, не превышающей толщину дермы.

Материал и методы: Для лечения 970 пациентов с различными доброкачественными образованиями в периорбитальной области (меланоцитарные невусы, ксантелазмы, папилломы, контагинозный моллюск, кератоз) применялись параметры лазера на парах меди "Яхрома-Мед", разработанным ФИАН им. П.Н. Лебедева. средняя мощность 0,6–0,8 Вт при соотношении мощностей на длинах волн 511 нм и 578 нм 3:2, длительность экспозиции

0,2-0,3 с. Диаметр светового пятна на коже 1 мм. Вся поверхность новообразования равномерно обрабатывалась лазерными импульсами. Обработка заканчивалась, когда вся поверхность новообразования приобретала серую окраску. Пациенты удовлетворительно переносили лазеротерапию; анестезии не требовалось. После лазерного воздействия на обработанную лазером кожу наносили глазную 0,3 % мазь Флоксал 3 раза в сутки в раннем послеоперационном периоде. Процесс заживления длился 12 сут. Через 7-10 сут корочки отделялись с восстановлением эпидермиса, без гиперпигментации на обработанном участке. Через две недели после лазерной процедуры цвет участка обработанной кожи становился близким к цвету прилегающей неповрежденной кожи.

<u>Результаты:</u> Для лечения пациентов потребовалось от одного до пяти сеансов с интервалом в один месяц. Все пациенты после лечения наблюдались в течение двух лет.

Заключение: Применение двухволнового излучения лазера на парах меди в периорбитальной области позволило восстановить нормальную структуру кожи без рецидивов на протяжении всего двухлетнего периода наблюдения. Побочных эффектов после процедуры (эритема, кровотечение, рубцевание или гиперпигментация) не наблюдалось.

## РЕЗУЛЬТАТЫ НИЗКОИНТЕНСИВНОЙ ЛАЗЕРНОЙ ТЕРАПИИ В ИНФРАКРАСНОМ СПЕКТРЕ И ПЛАЦЕБО-ЛАЗЕРОТЕРАПИИ У БОЛЬНЫХ СЕКРЕТОРНЫМ МУЖСКИМ БЕСПЛОДИЕМ

М.К. Потапова, С.Ю. Боровец, А.В. Соколов, М.Н. Слесаревская, С.Х. Аль-Шукри Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. акад. И.П. Павлова, Санкт-Петербург

<u>Цель:</u> Оценить влияние низкоинтенсивной лазерной терапии (НИЛТ) в инфракрасном (ИК) спектре и плацебо-лазеротерапии на параметры эякулята и фрагментацию ДНК сперматозоидов (ФДНКС) у мужчин с секреторным бесплодием.

<u>Пациенты и методы:</u> Обследовали 52 мужчин с секреторным бесплодием, 34 из них (1-я группа) проводили курс НИЛТ в ИК спектре, 18 (2-я группа) – плацебо-лазеротерапию.

Средний возраст больных 1-й и 2-й групп составил 34,0±5,3 и 34,4±4,6 года, соответственно. НИЛТ проводили на отечественном аппарате Рубин-Ц, выполняли 10 процедур через день, в непрерывном режиме. Длина волны лазерного излучения для НИЛТ в ИК спектре составляла 870 нм; установленная выходная мощность – 2,6 мВт; энергетическая плотность лазерного излучения – 1 Дж/см<sup>2</sup>. В ИК спектре воздействие осуществляли на 6 точек каждого яичка, по 1,5 мин на каждую. Процедуры плацебо-лазеротерапии проводили с отключенным диодным излучением по той же схеме. У пациентов обеих групп до и через 2 месяца после процедур оценивали гормональный статус, параметры спермограммы (по критериям ВОЗ 2010 г.), ФДНКС методом SCSA (нормативное значение -≤15 %).

Результаты: У пациентов 1-й группы через 2 мес после курса НИЛТ в ИК спектре в среднем возросли: концентрация сперматозоидов - с 50,9±36,1 млн/мл до 53,2±31,0 млн/мл (p=0.52), прогрессивная подвижность сперматозоидов - с 28,6±13,5 % до 33,3±13,6 % (p=0,011), количество нормальных форм – с  $2,9\pm1,8$  % до  $3,5\pm1,6$  % (p=0,005); а повышенная ФДНКС снизилась в среднем с 20,0±4,0 % до 8,3±4,2 % (p<0,001). У пациентов 2-й группы через 2 мес после плацебо-лазеротерапии не наблюдали улучшения основных параметров спермограммы: концентрация сперматозоидов снизилась в среднем с 50,3±37,0 млн/мл до  $48,8\pm34,8$  млн/мл (p=0,46), прогрессивная подвижность сперматозоидов - в среднем с  $32,6\pm10,0$  % до  $32,4\pm9,1$  % (p=0,82), количество морфологически нормальных форм сперматозоидов - в среднем с 3,2±1,6 % до 3,0±1,4 % (р=0,042), а повышенная ФДНКС – в среднем с  $21,6\pm4,5$  % до  $21,3\pm3,2$  % (p=0,79).

Концентрация общего тестостерона в плазме крови у пациентов 1-й группы достоверно повысилась через 2 месяца после курса НИЛТ, в среднем – с  $15.6\pm5.7$  нмоль/л до  $17.8\pm5.9$  нмоль/л (p<0.01), а у пациентов 2-й группы несколько снизилась, в среднем – с  $18.2\pm4.6$  нмоль/л до  $16.9\pm4.0$  нмоль/л (p<0.01).

В результате проведенного курса НИЛТ беременность наступила у 10 из 34 (29 %) супружеских пар 1-й группы, и не наступала во 2-й группе.

Полученные результаты в 1-й группе были достоверно лучше (p<0,01), чем во 2-й группе плацебо-лазеротерапии.

<u>Вывод:</u> НИЛТ в ИК спектре, в отличие от плацебо-лазеротерапии, приводит к достоверному улучшению основных параметров эякулята, к снижению повышенной ФДНКС при секреторном мужском бесплодии, и повышает вероятность наступления беременности в семейной паре.

## ДИАГНОСТИКА ОЧАГОВЫХ ИЗМЕНЕНИЙ СЛИЗИСТОЙ ОБОЛОЧКИ ТОЛСТОЙ КИШКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОНФОКАЛЬНОЙ ЛАЗЕРНОЙ ЭНДОМИКРОСКОПИИ

Е.В. Потехина<sup>1,2</sup>, А.Г. Шулешова<sup>2</sup>, З.Н. Голикова<sup>2</sup>, М.О. Завьялов<sup>2</sup>
<sup>1</sup> Оъединенная больница с поликлиникой УД Президента РФ, Москва
<sup>2</sup> Учебный научно-методический центр УД Президента РФ, Москва

Цель: Колоректальный рак продолжает оставаться одной из глобальных проблем мирового здравоохранения. В России за последние годы рак толстой кишки в структуре онкологической заболеваемости переместился с 6 на 2ое место. Колоноскопия (КС) является "золотым стандартом" ранней диагностики эпителиальных образований толстой кишки. Новые уточняющие диагностические методики существенно расширили диапазон возможностей КС. При этом выявление раннего рака в Японии составляет 50 %, в США - около 20 %, в России - 7-10 % [1-3]. Цель исследования определить диагностическую значимость конфокальной лазерной эндомикроскопии (КЛЭ), NBI и ZOOM эндоскопии в диагностике очаговых изменений слизистой оболочки толстой кишки.

Материал и методы: В исследовании приняли участие 100 пациентов в возрасте от 40 до 84 лет с очаговыми образованиями слизистой оболочки толстой кишки, у которых выявлены 260 образований. Средний возраст пациентов составил 62,0±8,3 года. Всем пациентам проведено комплексное эндоскопическое обследование с применением NBI, ZOOM, КЛЭ, что позволило визуализировать изменения архитектоники, капиллярного рисунка и границы очаговых изменений. Для выполнения КЛЭ использовалась система Cellvizio (Машпа Кеа Тесhnologies, Франция). Затем выполнена прицельная биопсия с последующим сравнением данных, полученных во время эндоскопическо-

го осмотра, с результатами гистологического исследования.

Результаты: Установлена диагностическая ценность комплексного эндоскопического обследования, включающего уточняющие методики и КЛЭ. Для гиперпластических полипов диагностическая чувствительность, специфичность и точность составили 100, 98,8 и 97,9 % соответственно. При выявлении аденом диагностическая чувствительность, специфичность и точность составили 100, 91,7 и 96,5 % соответственно.

Заключение: Колоноскопия, дополненная различными эндоскопическими методами диагностики, включая КЛЭ, значительно повышает диагностическую эффективность выявления очаговых образований слизистой оболочки толстой кишки и позволяет определить гистологическую структуру образования *in vivo*.

- Дуванский В.А., Чесалина Я.О. Современные эндоскопические технологии в диагностике неоплазий толстой кишки // Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология. 2019. № 4 (164). С. 93–99.
- Шулешова А.Г., Брехов Е.И., Завьялов М.О., Репин И.Г., Ульянов Д.Н., Потехина Е.В., Фомичева Н.В., Дуванский В.А., Назаров Н.С., Данилов Д.В. Конфокальная лазерная эндомикроскопия в диагностике неоплазий желудка // Эндоскопическая хирургия. 2014. № 5. С. 24–30.
- 3. Князев М.В., Дуванский В.А. Эндоскопическая резекция слизистой с диссекцией подслизистого слоя 20 лет спустя (обзор зарубежной литературы) // Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология. 2015. № 4 (116). С. 53–58.

### ТЕХНОЛОГИЯ СПЕКТРАЛЬНОГО ЦВЕТОВОГО ВЫДЕЛЕНИЯ В ЭНДОСКОПИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКЕ КОЛОРЕКТАЛЬНЫХ ПОЛИПОВ

Н.А. Романчук¹, В.А. Дуванский² ¹ Клиническая больница № 85 ФМБА России, Москва

<sup>2</sup> Российский университет дружбы народов им. Патриса Лумумбы, Москва

Актуальность: Колоноскопия с резекцией предраковых заболеваний является на сегодняшний день эффективным методом борьбы с колоректальным раком [1]. Внедрение в клиническую практику в последние десятилетия дополнительных технологий осмотра слизистой оболочки, таких как виртуальная хромоскопия, увеличительная эндоскопия, аутофлюоресцентная диагностика, значительно повысили

ценность эндоскопических исследований [2, 3]. Наиболее доступной технологией эндоскопического осмотра толстой кишки является виртуальная хромоскопия.

<u>Цель:</u> Провести оценку эффективности эндоскопической диагностики колоректальных полипов применением технологии спектрального цветового выделения (FICE) с увеличением.

Материал и методы: Была выполнена эндоскопическая полипэктомия 118 пациентам. Мужчин было 53 (44.9 %), женщин 65 (55,1 %). Применяли видеоэндоскопическую систему Fujinon 4450 и аппараты 590 серии. Были удалены 208 эпителиальных неоплазий методом петлевой полипэктомии и мукозэктомии в пределах здоровых тканей. Все образования были подвергнуты оценке ямочного и сосудистого рисунка, по классификациям S. Kudo и Y. Sano при помощи FICE-0 (световой спектр R530, G458, B505; усиление света R3, G4, B3) и FICE-1 (световой спектр R550, G500, B470; усиление света R4, G4, B4). Биопсию предварительно не выполняли.

<u>Результаты:</u> По данным морфологических исследований удаленных образований выявили: 73 (35 %) гиперпластических полипа; 8 (3,8 %) гиперпластических полипов с фокусами тубулярных структур, 2 из них с признаками дисплазии II ст., 2 (0,9 %) с элементами зубчатой аденомы, 89 (42,7 %) тубулярных аденом, 39 (43,8 %) из них с дисплазией I-II ст. и 1 неоплазия с дисплазией III ст.; 24 (11,5 %) тубуло-ворсинчатых аденомы, из них 19 (79,1 %) с дисплазией І-ІІ ст. и 1 с дисплазией III ст. и элементами аденокарциномы в поверхностных отделах; 8 (3,8 %) зубчатых аденом, из них 3 неоплазии с дисплазией 1-2 ст.; 1 (0,4 %) фиброматозный полип на фоне хронического (0.4%)воспаления; ворсинчатый полип с дисплазией II-III ст. и фокусами высокодифференцированной аденокарциномы; 2 (0,9 %) других образования, в том числе неэпителиальных. Анализ предварительной эндоскопической оценки полипов с применением технологии спектрального цветового выделения (FICE) с увеличением совпала с патоморфологическим заключением в 79,4 % случаев.

Заключение: Применение технологии спектрального цветового выделения с увеличением для оценки структуры колоректальных полипов является методом выбора для ранней

диагностики рака и предраковых заболеваний ободочной и прямой кишки.

- Князев М.В., Дуванский В.А. Эндоскопическая резекция слизистой с диссекцией подслизистого слоя 20 лет спустя (обзор зарубежной литературы) // Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология. 2015. № 4 (116). С. 53–58.
- Князев М.В., Дуванский В.А. Эндоскопическое лечение гастроинтестинальных неоплазий - эволюция метода // Вестник хирургии им. И.И. Грекова. 2015. Т. 174. № 2. С. 130–134.
- Дуванский В.А., Чесалина Я.О. Современные эндоскопические технологии в диагностике неоплазий толстой кишки // Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология. 2019. № 4 (164). С. 93–99.

### ПЕРОРАЛЬНАЯ ТРАНСПАППИЛЯРНАЯ ХОЛАНГИОСКОПИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЛАЗЕРНЫХ И ФИЗИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ВНУТРИПРОСВЕТНОЙ ЛИТОТРИПСИИ ПРИ ОСЛОЖНЕННОЙ ФОРМЕ ХОЛЕДОХОЛИТИАЗА

Д.В. Сазонов $^{1}$ , Э.Х. Самсонян $^{2}$ , Ю.В. Иванов $^{1}$ , Д.Н. Панченков $^{3}$ 

<sup>1</sup> Федеральный научно-клинический центр ФМБА России, Москва <sup>2</sup> Больница Центросоюза Российской

Федерации, Москва <sup>3</sup> Российский университет медицины, Москва

<u>Введение:</u> Проведение эндоскопических вмешательств при осложненных формах холедохолитиаза представляет трудности, что требует использования нестандартных решений и различных методов разрушения и удаления конкрементов желчных протоков.

Описание клинического случая. Пациентка М, 60 лет поступила в хирургический стационар с клинической картиной механической желтухи (прямой билирубин – 45 мкмоль/л). Сопутствующая патология: ЗНО яичников, проведение ПХТ. МРХГ показала множественный холедохолитиаз, конкременты размером от 10 до 30 мм, полностью заполняющие просвет внепеченочных желчных протоков.

Первым этапом пациентке выполнено дренирование общего желчного протока по Холстеду-Пиковскому с целью разрешения механической желтухи, что так же позволило восстановить график системной ПХТ. Вторым этапом выполнена эндоскопическая ретроградная холантиопанкреатография (ЭРХПГ), с попыткой литотрипсии, однако наличие крупных

конкрементов не позволило осуществить раскрытие корзинки Дормиа. В связи с этим выполнена попытка механической литотрипсии антеградным доступом. Для этого удален ранее установленный дренаж и проведен интродьюсер, далее заведен механический литотриптор, которым удалось захватить крупный конкремент корзинкой Дормиа. В виду выраженной плотности конкремента произошло разрушение корзины литотриптора без нарушения целостности конкремента. Пациенту был повторно установлен дренаж по Холстеду-Пиковскому.

Повторная ЭРПХГ проведена в плановом порядке. Во время исследования выполнены балонная дилатация терминального отдела холедоха, пероральная внутрипросветная холангиоскопия SpyGlass™ DS Boston Scientific, и лазерная внутрипротоковая литотрипсия (полупроводниковый лазер "УРОЛАЗ", режимы "Распыление" и "Фрагментация"). Это позволило разрушить наиболее крупные конкременты по типу "раскалывания" с образованием более мелких обломков, а также фракций по типу "песка". Образовавшаяся смесь благодаря эффекту "слеживания" препятствовала полному раскрытию корзины Дормиа, что не позволило выполнить значимую по объему литоэкстракцию. В связи с высокой продолжительностью исследования, решено разделить его на 2 этапа. Через 2,5 мес выполнены повторная ЭРПХГ, повторная балонная дилатация ТОХ до 12 мм, пероральная внутрипротоковая холангиоскопия SpyGlass™ DS Boston Scientific, лазерная литотрипсия полупроводниковым лазером "Уролаз", режимы "распыление" и "фрагментация". Наличие множественных фрагментов вызывало ограничение манипуляцией корзиной Дормиа. В связи с этим решено выполнить пероральную холангиоскопию стандартным видеогастроскопом Olympus GIF-Q150, диаметром 9,2 мм. Заведение эндоскопа осуществлялось с использованием баллона Фогарти для стабилизации эндоскопа в просвете общего желчного протока. Это позволило провести ревизию и управляемую под контролем зрения лазерную и механическую литотрипсию с применением механического литотриптора с последующей полноценной литоэкстракцей. Осложнений не выявлено.

Заключение: Пероральная эндоскопическая внутрипросветная холангиоскопия в сочетании с лазерной литотрипсией улучшает возможность эндоскопического лечения сложного множественного холедохолитиаза. Продемон-

стрирована возможность использования ультратонких и стандартных типов гастроинтестинальных эндоскопов диаметром 9,2 мм для проведения пероральной холангиоскопии и управляемой визуальной литотрипсиии и литоэкстракции при сложных формах холедохолитиаза.

### РАННИЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ЛЕЧЕНИЯ ГЕМОРРОИДАЛЬНОЙ БОЛЕЗНИ МЕТОДОМ ЛАЗЕРНОЙ ГЕМОРРОИДОПЛАСТИКИ

Д.М. Созонов<sup>2</sup>, А.А. Засорин<sup>1,2</sup>
<sup>1</sup> Уральский государственный медицинский университет, Екатеринбург
<sup>2</sup> Клиническая больница "РЖД Медицина", Екатеринбург

Цель: Геморроидальная болезнь является наиболее часто встречаемой патологией в практике врача колопроктолога. На сегодняшний день геморроидэктомия считается наиболее эффективным способом лечения, однако методика имеет ряд недостатков, которые сопровождают пациента весь послеоперационный период. Лазерная геморроидопластика имеет большие перспективы в лечении геморроидальной болезни по эффективности, раннему восстановлению, позволяя избежать серьезных осложнений.

Материал и методы: В период с января 2018 г. по декабрь 2023 г. на базе нашей клиники было прооперировано 105 пациента по методике лазерной геморроидопластики с использованием отечественного аппарата "ИРЭ-Полюс" (исследуемая группа). В данной методике мы придерживались следующих настроек: длина волны 1470 нм, импульсный режим (время импульса 150 мс, перерыв 50 мс), мощность излучения 8 Вт. В нашем исследовании мы оценивали: болевой синдром (по визуально-аналоговой шкале боли) и наличие осложнений.

Результаты: У 78 пациентов болевой синдром варьировал по ВАШ от 2 до 4 баллов. У 19 пациентов первые сутки протекали на фоне выраженного болевого синдрома, что требовало 3-кратного обезболивания НПВС. Это обусловлено обильным пропитыванием серозно-сукровичным отделяемым марлевого тампона, находящегося в анальном канале. После его удаления все пациенты отмечали улучшение. У 2 пациентов после удаления тампона сохранялся

болевой синдром, обусловленный развитием перианального венозного тромбоза и низким болевым порогом.

Средние сроки госпитализации составляли 2–3 суток. Средние сроки временной нетрудоспособности составили 14 дней.

Средние сроки заживления ран составили 14 дней. В раннем послеоперационном периоде наблюдались следующие послеоперационные осложнения: перианальный венозный тромбоз – 3 (2,86 %), гипертермия – 1 (0,95 %). Общая частота ранних послеоперационных осложнений составила 3,8 %.

Заключение: Методика лазерной геморроидопластики является эффективной в лечении геморроидальной болезни. При выполнении данной операции снизилось количество грозных осложнений, а так же позволила сократить сроки временной нетрудоспособности до 14, а сроки пребывания в стационаре – до 2 сут.

## ВАРИАНТ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФДТ РАКА ЖЕЛЧНЫХ ПРОТОКОВ И БОЛЬШОГО СОСОЧКА ДВЕНАДЦАТИПЕРСТНОЙ КИШКИ

Е.Ф. Странадко<sup>1</sup>, А.В. Баранов<sup>1</sup>, А.И. Лобаков<sup>2</sup>, В.А. Морохотов<sup>2</sup>, М.В. Рябов<sup>1</sup> Научно-практический центр лазерной медицины им. О.К. Скобелкина ФМБА России, москва

<sup>2</sup> Московский областной научноисследовательский клинический институт им. М.Ф. Владимирского, Москва

Одним из малоинвазивных органосохраняющих методов лечения неоперабельных больных раком внепеченочных желчных протоков (ВЖП) и большого сосочка двенадцатиперстной кишки (БСДК) является фотодинамическая терапия (ФДТ) [1–3].

<u>Цель:</u> Оценить эффективность применения ФДТ рака ВЖП и БСДК, определить целесообразность повторных курсов ФДТ и временные интервалы между ними.

Материал и методы: ФДТ рака ВЖП и БСДК проведена 29 больным, неоперабельным по распрстраненности процесса и сопутствующим заболеваниям. Использовали фотосенсибилизаторы в хронологической последовательности: сначала фотосенс (11 пациентов), а последние 10 лет – фотодитазин (18 пациентов). Контролем служила группа больных с желче-

отводящими вмешательствами без ФДТ (n=50). Наряду с оценкой эффективности ФДТ по критерию улучшения качества и продолжительности жизни больных, проводилась оценка эффективности ФДТ в зависимости от кратности курсов: в течение 12 месяцев 15 пациентам выполнен 1 курс ФДТ, а 14 пациентам выполнено 2 и более курсов ФДТ.

Результаты: В группе пациентов, где применялась ФДТ рака ВЖП и БСДК медиана дожития по Каплан-Мееру составила 18 мес. [95 % ДИ: 15,9; 20,1]. В группе контроля без ФДТ – только 7 мес [95 % ДИ: 5,1; 8,9]. Различия между группами были статистически значимы (log rank и Breslow p<0,0001). В группе пациентов, которым в течение года выполнен 1 курс ФДТ, медиана дожития составила 12,5 мес. [95 % ДИ: 10; 15]. В группе, где выполнено 2 и более курсов ФДТ в год с интервалами 4–6 мес, продолжительность жизни составила 23 мес [95 % ДИ: 18; 28]. Различия между группами статистически значимы (log rank p=0,002, Breslow p=0,002).

Выводы: Фотодинамическая терапия в комбинации с желчеотводящими операциями является эффективным методом лечения неоперабельных больных раком ВЖП и БСДК. Использованные фотосенсибилизаторы фотодитазин и фотосенс одинаково эффективны при ФДТ неоперабельного рака ВЖП и БСДК, но при использовании фотосенса чаще наблюдались нежелательные побочные реакции и требовалось соблюдение длительного периода ограниченного светового режима. Проведение повторных курсов ФДТ с интервалом 4–6 мес. достоверно увеличивает продолжительность жизни неоперабельных больных раком ВЖП и БСДК.

- 1. Странадко Е.Ф., Комаров Р.Н., Морозов С.В., Лобаков А.И., Морохотов В.А., Захаров Ю.И., Богомазов Ю.К., Рябов М.В., Шубин В.К., Флегонтов П.Б., Карпов Н.В. Применение фотодинамической терапии при злокачественных новообразованиях внепечёночных желчных протоков и большого дуоденального сосочка у неоперабельных пациентов. Вестник медицинского института "РЕАВИЗ": реабилитация, врач и здоровье. 2023. Т. 13. № 2. С. 88–98.
- 2. Странадко Е.Ф., Баранов А.В., Дуванский В.А., Лобаков А.И., Морохотов В.А., Рябов М.В. Новый подход к лечению рака большого сосочка двенадцатиперстной кишки и внутрипечёночных желчных протоков методом фотодинамической терапии. Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология. 2022. № 5 (201). С. 78–85.
- 3. Лобаков А.И., Странадко Е.Ф., Морохотов В.А., Богомазов Ю.К., Косов А.А., Круглов Е.Е., Румянцев В.Б., Корсакова Н.А., Шубин В.К. Фотодинамическая терапия (ФДТ) неоперабельного рака внепеченочных желчных

протоков (ВЖП) и большого дуоденального сосочка (БДС). Лазерная медицина. 2017. Т. 21. № 4. С. 15–22.

### ФОТОДИНАМИЧЕСКАЯ РЕКАНАЛИЗАЦИЯ ПРОСВЕТА ПИЩЕВОДА ПРИ РАСПРОСТРАНЕННОМ ОБТУРИРУЮЩЕМ РАКЕ

Е.Ф. Странадко<sup>1</sup>, В.Л. Шабаров<sup>2</sup>, М.В. Рябов<sup>1</sup> <sup>1</sup> Научно-практический центр лазерной медицины им. О.К. Скобелкина ФМБА России, Москва

<sup>2</sup> Московский областной научноисследовательский клинический институт им. М.Ф. Владимирского, Москва

Рак пищевода является одной из наиболее агрессивных, быстро прогрессирующих злокачественных опухолей, сопровождающихся высокой одногодичной летальностью. Интенсивный рост опухоли приводит к стенозированию просвета пищевода, нарушению прохождения пищи и потере массы тела. Проблемы лечения рака пищевода обусловлены преобладанием больных пожилого возраста с тяжелыми сопутствующими заболеваниями. Фотодинамическая терапия (ФДТ) как безоперационный малоинвазивный щадящий органосохраняющий метод расширяет возможности лечения неоперабельного рака пищевода [1–3].

<u>Цель:</u> Разработка метода эндоскопической фотодинамической реканализации распространенного обтурирующего просвет рака пищевода.

Материал и методы: ФДТ проведена 66 неоперабельным больным распространенным обтурирующим раком 3–4 ст. шейного отдела пищевода у 23 больных, средне- и нижне-грудного отделов пищевода – у 31, с рецидивом рака средне-грудного отдела после повторных реканализаций YAG-Ne лазером – у 4 больных и с рецидивом рака средне-грудного отдела пищевода после химио- и лучевой терапии – у 5, а также с рецидивом рака в пищеводно-кишечном и пищеводно-желудочном анастомозах с переходом на нижне-грудной отдел пищевода – у 3 больных. Проводили однократную или многокурсовую эндоскопическую ФДТ с ретроградным методом подведения света.

При полной обтурации пищевода введение световодов с цилиндрическим диффузором осуществляли после бужирования опухолевой стриктуры по струне-проводнику под рентгено-

телевизионным контролем. При наличии экзофитного компонента помимо стенозирующей опухоли, растущей в просвет пищевода, применяли метод комбинированного подведения света для ФДТ: наряду с внутриопухолевым или внутрипросветным облучением использовали поверхностное облучение экзофитного компонента опухоли.

<u>Результаты:</u> Все больные прослежены на протяжении минимум 6 мес после ФДТ, треть больных прослежена в течение 2–3 и более лет.

При распространенном обтурирующем просвет раке пищевода у всех больных методом ФДТ удалось добиться паллиативного эффекта: улучшения проходимости пищи по пищеводу, улучшения качества и продолжительности жизни больных.

У 4 больных с рецидивом дисфагии после реканализации YAG-Ne лазером ФДТ привела к более длительной ремиссии (6–7 мес.) за счет сосудистого механизма действия ФДТ, приводящей к тромбозу сосудов опухоли и нарушающей кровоснабжение остаточной опухоли на длительный период времени.

Заключение: ФДТ можно эффективно использовать с паллиативной целью при распространенном обтурирующем раке пищевода, при рецидиве рака в пищеводно-кишечном и пищеводно-желудочном анастомозах с переходом на нижне-грудной отдел пищевода. При рецидиве дисфагии после стентирования вследствие прорастания опухоли через стенки стента или роста опухоли выше и ниже стента ФДТ явилась единственно возможным методом ликвидации опухолевой стриктуры. У больных с первичным раком шейного отдела пищевода и с рецидивом рака после лучевой терапии, стентирование которым трудно выполнимо, ФДТ также явилась единственным применимым методом лечения.

Паллиативная эндоскопическая ФДТ значительно улучшает качество и продолжительность жизни тяжелой категории больных с обструктивными формами рака пищевода. Эффект реканализации длится 6–7 месяцев. При рецидиве дисфагии повторная ФДТ оказывает благоприятный эффект.

- 1. Странадко Е.Ф., Шабаров В.Л., Рябов М.В. Эндоскопическая фотодинамическая реканализация обтурирующего рака пищевода. Медицинская физика. 2022. № 1 (93). С. 70–72.
- 2. Богомолов Д.Н., Гасанова Э.Р., Странадко Е.Ф. Первый опыт применения фотодинамической терапии в лечении рака пищевода в астраханском областном клини-

- ческом онкологическом диспансере. клиническое наблюдение. Лазерная медицина. 2022. Т. 26.  $\mathbb{N}$  3–4. С. 16–20.
- 3. Дуванский В.А., Князев М.В., Праведников П.В. Современные аспекты фотодинамической терапии заболеваний пищевода. Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология. 2011. № 10. С. 111–116.

## ВОЗМОЖНОСТИ ФДТ И ЭНДОБРОНХИАЛЬНОЙ ХИРУРГИИ ПРИ ЛЕЧЕНИИ РАННЕГО ПЕРВИЧНО-МНОЖЕСТВЕННОГО ЦЕНТРАЛЬНОГО РАКА ЛЕГКОГО

Л.В. Телегина, С.С. Пирогов, А.С. Водолеев, М.Ю. Кулаковская, Н.В. Кутенева. Д.Г. Сухин, А.Д. Каприн

Московский научно-исследовательский онкологический институт имени П.А. Герцена, Москва

<u>Цель:</u> Разработка методов эндоскопического лечения при первично-множественном раке легкого.

Материал и методы: В МНИОИ им. П.А. Герцена за период с 1984 по 2024 гг. накоплен клинический опыт эндоскопической диагностики и лечения ранних форм центрального рака легкого у 131 больного (180 опухолей). Ранний центральный рак легкого (РЦРЛ) был единственной опухолью у 37 больных (28,7 %) [І группа] и РЦРЛ был в системе первично-множественного поражения у 92 больных/143 опухоли (71,3 %) [ІІ группа]. Во ІІ группу вошли пациенты следующих подгрупп: 1) синхронным первично-множественным раком (ПМР) легкого: 1-й местно-распространенный рак легкого (стадия I–III) и 2-й РЦРЛ другой доли или другого легкого (12 пациентов); 2) синхронным ПМР: 1-й местно-распространенный рак другого органа (гортань, пищевод и др. стадия I-III) и 2-й РЦРЛ (18); 3) метахронным ПМР: состояние после хирургического или комбинированного лечения 1-го рака (гортани, пищевода, легкого, стадия I-III) и 2-й РЦРЛ с поражением другой доли или другого легкого (42); 4) метахронным ПМР - состояние после эндоскопического удаления 1-го РЦРЛ и 2-й или 3-й метахронный рак (21).

Для внутрипросветного эндоскопического удаления первично-множественных очагов РЦРЛ использовали ФДТ у 37 (40 %) пациентов; Nd-YAG лазерную деструкцию – у 9 (10 %); АПК - у 8 (8 %) и брахитерапию – у 8 (8,0 %).

Для проведения ФДТ применяли препараты: 1) радахлорин в дозе 1,0-1,2 мг/кг, сеанс лечения через 3-4 ч, длина волны 662 нм, плотность энергии 150-300 Дж/см<sup>2</sup>; 2) фотогем в дозе 2,5-3,0 мг/кг, сеанс лечения через 48-72 ч, длина волны 630 нм, световая 100-150 Дж/см<sup>2</sup>; 3) фотосенс дозе 0,3-0,5 мг/кг, сеанс лечения через 24 ч, длина волны 670 нм, световая доза 100–120 Дж/см<sup>2</sup>; 4) фотолон 1 мг/кг сеанс лечения через 3-4 ч, длина волны 663 нм, световая доза 200 Дж/см<sup>2</sup>.

Выбор эндоскопического метода лечения в 90 % наблюдений был обусловлен невозможностью выполнения стандартной операции.

Результаты: При проведении ФДТ и АПК результаты зависели от размеров опухоли. Полной регрессии удалось добиться в 100 % при размерах опухоли, не превышающих 1 см по плоскости. Рецидивы были отмечены в 17 %. Сроки наблюдения до 15 лет. Медиана выживаемости – 5,05 года. Пятилетняя выживаемость составила 50±12 %.

Выводы: Современное эндоскопическая диагностика и возможность выявления рака трахеи и бронхов на ранней стадии его развития, диктует необходимость разработки новых методов удаления как первичной злокачественной опухоли, так и новых синхронных и/или метахронных очагов, поражающих слизистую оболочку бронхов. Эндоскопическое лечение является методов выбора при раннем синхронном и/или метахронном ПМРЛ у инкурабельных больных.

### ОПТИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ В ДИАГНОСТИКЕ КОЛОРЕКТАЛЬНЫХ НЕОПЛАЗИЙ

И.В. Терехова<sup>1</sup>, Д.В. Сазонов<sup>1</sup>, В.А. Дуванский<sup>2</sup>
<sup>1</sup> Федеральный научно-клинический центр
ФМБА России, Москва

<sup>2</sup> Российский университет дружбы народов им. Патриса Лумумбы, Москва

Актуальность: Оптические технологии, в частности виртуальная хромоскопия, достаточно широко применяются в последние десятилетия. Применение данных методик входит в основы обучения современного врача-эндоскописта и значительно повышает диагностическую ценность эндоскопических исследований [1, 2]. Использование оптических технологий в клинической практике позволяет увеличить

частоту выявления неоплазий и определить дальнейшую тактику лечения [3].

<u>Цель:</u> В настоящее время оптическая биопсия является одним из методов дифференциальной диагностики мельчайших и мелких колоректальных неоплазий. Данный метод требует достаточной квалификации врачей-эндоскопистов. Ретроспективное исследование было проведено с целью определения необходимого объема обучения для повышения диагностической точности молодых врачей-эндоскопистов.

Материал и методы: В исследование было включено 234 пациента, которым выполнялась колоноскопия с 12.2021 по 03.2024. Всего было диагностировано 302 колоректальных неоплазии менее 1 см в диаметре. Всем пациентам проводилась виртуальная хромоскопия в режимах NBI (Narrow Band Imaging), либо BLI (Blue Light Imaging), без увеличения, с использованием следующих эндоскопических классификаций: Парижская классификация, оценка ямочного рисунка по Kudo, классификации NICE и WASP. Исследования проводились опытным врачом-эндоскопистом, сопровождались фотофиксацией. Результаты оптической биопсии вносились в протокол исследования. В последующем все неоплазии были удалены методами «холодной» щипцевой полипэктомии, петлевой полипэктомии, было проведено гистологическое исследование.

Группа молодых врачей-эндоскопистов, включающая в себя 3 врачей, проходила самообучение по фотоматериалам, гистологическим данным и эндоскопическим характеристикам 154 колоректальных неоплазий с последующим тестированием из 148 неоплазий.

<u>Результаты:</u> Диагностическая точность оптической биопсии с использованием виртуальной хромоскопии в режимах NBI и BLI у молодых специалистов до самообучения составила 79,4 %, и 88,3 % сразу после прохождения самообучения.

Заключение: Таким образом, оптическая биопсия с использованием виртуальной хромоскопии в узкоспектральных режимах NBI и BLI показывает высокую точность гистологического прогноза даже у молодых специалистов. Использование модулей самообучения повышает точность оптической биопсии молодых специалистов.

 Дуванский В.А., Чесалина Я.О. Современные эндоскопические технологии в диагностике неоплазий толстой кишки // Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология. 2019. № 4 (164). С. 93-99.

- 2. Дуванский В.А., Терехова И.В., Сазонов Д.В. Технологии оптической визуализации в эндоскопической диагностике новообразований толстой кишки. Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология. 2023; 213 (5): 144-9.
- 3. Князев М.В., Дуванский В.А. Эндоскопическая резекция слизистой с диссекцией подслизистого слоя 20 лет спустя (обзор зарубежной литературы) // Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология. 2015. № 4 (116). С. 53–58.

### ВЛИЯНИЕ ВИТАЛЬНЫХ КРАСИТЕЛЕЙ НА УРОВЕНЬ ЭНДОГЕННОЙ ФЛУОРЕСЦЕНЦИИ БИОТКАНИ

С.Г. Терещенко, Л.Г. Лапаева Московский областной научноисследовательский клинический институт им. М.Ф. Владимирского, Москва

<u>Цель:</u> Изучение влияния используемых при хромоэндоскопии витальных красителей на эндогенную флуоресценцию.

Материал и методы: Исследована собственная флуоресценция красителей (индигокармин, генциан фиолетовый, метиленовый синий, толуидиновый синий, уксусная кислота, конго красный) на длинах волн 532 нм и 632 нм. Краситель наносили на предметное стекло, оптический датчик располагали вертикально близко над каплей препарата. В качестве объекта для исследования флуоресценции красителей на живой ткани *in vivo* были выбраны нелинейные мыши ICR. Окрашивали хвост мыши исследуемыми препаратами. Оценку флуоресценции проводили на лазерном эндоскопическом спектроанализаторе ЛЭСА-01. Для количественной оценки флуоресценции вычисляли коэффициент флуоресцентной контрастности.

Результаты: Исследование собственной флуоресценции красителей на препаратных стеклах показало, что на длине волны 532 нм индигокармин, генциан фиолетовый, метиленовый синий, толуидиновый синий и конго красный полностью поглощают лазерное излучение. Уксусная кислота пропускают лазерный луч, при этом не имеет собственной флуоресценции. При измерении тех же препаратов на предметных стеклах на длине волны 632 нм было обнаружено следующее: конго красный, уксусная кислота пропускают лазерный луч и не дают собственной флуоресценции. Генциан фиолетовый поглощает луч и сам флуоресцирует в красной области. Все остальные красители не давали флуоресценции. При окрашивании хвоста мыши красителями на длинах волн 532 нм и 632 нм было обнаружено, что уксусная кислота точно повторяет спектральную картинку флуоресценции. Все остальные красители "забивали" флуоресценцию биоткани. Генциан фиолетовый давал яркую картинку собственной флуоресценции.

Заключение: Вопросам улучшения качества эндоскопического осмотра посвящено много работ. Хромоскопия - метод окраски слизистой оболочки пищеварительного тракта, при котором используют биосовместимые красящие вещества. Перспективным методом, улучшающим верификацию опухолевого поражения на ранних стадиях, является оценка эндогенной флуоресценции. Перспективно сочетание при эндоскопическом исследовании этих двух методов для улучшения диагностики заболеваний пищеварительного тракта. Полученные данные позволяют использовать метиленовый синий, уксусную кислоту для сочетания оценки эндогенной флуоресценции и хромоскопии слизистой оболочки пищеварительного тракта в единой диагностической процедуре. На основании проведенного исследования разработан способ диагностики неопластических изменений слизистой оболочки пищеварительного тракта (патент РФ № 2491029).

### ЭНДОСКОПИЧЕСКАЯ БИОСПЕКТРО-ФОТОМЕТРИЯ В ДИАГНОСТИКЕ ПОЛИПОВИДНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ ЖЕЛУДКА

С.Г. Терещенко, Л.Г. Лапаева, Л.В. Мечёва Московский областной научноисследовательский клинический институт им. М.Ф. Владимирского, Москва

<u>Цель:</u> Улучшение результатов эндоскопической диагностики полипов желудка и определение тактики лечения.

Материал и методы: Работа основана на клинико-статистическом анализе результатов эндоскопической полипэктомии и динамического наблюдения 123 больных с полипами желудка. Для верификации диагноза всем больным было проведено комплексное клинико-лабораторное и инструментальное обследование. В работе использовался лазерный эндоскопический спектроанализатор ЛЭСА-01. Было проведено эндоскопическое исследование с оценкой эндогенной флуоресценции по модифицированному показателю флуоресцентной контрастности (Кf), который отражает уровень эндогенных порфиринов. Про-

изведена оценка эндогенной флуоресценции интактной слизистой оболочки и слизистой оболочки 426 доброкачественных полиповидных образований желудка. Все полипы были гистологически верифицированы. По нозологическим формам были диагностированы: гиперпластические полипы — 349 (82 %), аденомы — 49 (11,5 %), фовеолярная гиперплазия—28 (6,5 %).

Результаты: При фовеолярной гиперплазии спектры аутофлуоресценции по своим характеристикам не отличались от спектров интактной слизистой оболочки. При гиперпластических полипах и аденомах имелись различия. Кf при гиперпластических полипах составил  $0,24\pm0,05$  и достоверно (p<0,05) был ниже аналогичного с интактной слизистой –  $0,37\pm0,04$ , при аденомах соответственно  $0,44\pm0,06$  и  $0,28\pm0,05$ , достоверно (p<0,05) превышал аналогичный показатель с интактной слизистой. Средние значения Kf с интактной слизистой при гиперпластических полипах превышали аналогичный средний показатель при аденомах и фовеолярной гиперплазии ( $0,23\pm0,05$ ).

Заключение: Выявленные изменения показателя флуоресцентной контрастности соответствуют данным о различии морфологических изменений в слизистой оболочке желудка при различных вариантах полиповидных образований. Биопсийный материал для эффективной и достоверной морфологической верификации необходимо получить в первую очередь из участков с высокими значениями Кf. Повышение Кf следует считать основанием для проведения эндоскопического удаления полиповидного образования и комплексного обследования после нее. Рекомендуем оценку эндогенной флуоресценции как обязательный метод при динамическом наблюдении больных с полипами желудка.

### ЭНТЕРОСКОПИЯ С ОЦЕНКОЙ ЭНДОГЕННОЙ ФЛУОРЕСЦЕНЦИИ СЛИЗИСТОЙ ОБОЛОЧКИ ПРИ ЗАБОЛЕВАНИЯХ ТОНКОЙ КИШКИ

С.Г. Терещенко, Л.Г. Лапаева, Л.В. Мечёва Московский областной научноисследовательский клинический институт им. М.Ф. Владимирского, Москва

<u>Цель:</u> Верификация патологических изменений тонкой кишки методом биоспектрофотометрии при баллонно-ассистированной энтероскопии.

Материал и методы: Энтероскопия выполнена эндоскопом EN-450P5/20 на видеоэндоскопической системе EPX-4450 HD y 43 больных - 22 женщин и 21 мужчины. Основанием для проведения исследования тонкой кишки явилась следующая патология: железодефицитная анемия – у 7 больных, болезнь Крона - у 10, новообразования - у 11, энтерит различного генеза – у 15. Антеградный осмотр был проведен у 29 пациентов, ретроградный – у 7, антеградно и ретроградно осмотрены 7 больных. Длительность энтероскопии составила 107,2±16,4 мин. Оценка эндогенной флуоресценции биоткани слизистой оболочки (СО) тонкой кишки (ТК) осуществлялась на лазерном эндоскопическом спектроанализаторе ЛЭСА-01. Контрольную группу составили 7 больных, у которых отсутствовали видимые изменения СОТК.

Результаты: Были диагностированы и подтверждены патоморфологическим исследованием: у 11 пациентов - неопластические изменения (злокачественные - у 2, доброкачественные – v 9); v 10 – болезнь Крона (БК), v 15 – энтерит. Нами была рассчитана величина коэффициента флуоресцентной контрастности (Кf) нормальной СО ТК: в ДПК Кf=0,23±0,05, в тощей кишке 0,25±0,07, в подвздошной кишке 0,26±0,04. При атрофии СО Кf=0,22±0,01, что недостоверно меньше, чем Кf интактной СО ТК (0,28±0,03). Не выявлено достоверного различия между показателями флуоресцентной контрастности с интактной СО (0,25±0,002) и зон катального воспаления. При эрозивном поражении Кf=0,44±0,04 достоверно превышал Кf интактной CO (0,30±0,03) и показатель CO с атрофией (0,28±0,05). При БК спектр зоны язвенного поражения (Kf=0,5) превышает спектр с неизмененной СО (Kf=0,32), что свидетельствует о доброкачественном характере поражения. Спектр при стриктурах (Кf=0,27±0,04) не отличается otспектра интактной (Кf=0,30±0,03). Кf при гиперпластических полипах в среднем составил 0,24±0,05 и был ниже чем с интактной СО (Кf=0,37±0,04). При аденомах Кf=0,44±0,06 достоверно превышает Кf интактной СО (0,28±0,05). Средние значения Кf интактной СО при гиперпластических полипах превышали аналогичные показатели при аденомах воспалительных полипах (Кf=0,23±0,05). Спектр лейомиомы не отличался от спектра интактной СО ТК. Кf СО лейомиомы в среднем составил 0,28±0,05 и достоверно не отличался от аналогичного показателя с интактной СО (Кf=0,30±0,04). При лейомиосаркоме Кf=1,1, значительно превышает спектр с интактной СО (Кf=0,26). Кf меланомы в среднем составил 0,75±0,03 и достоверно отличался от Кf интактной СО (Кf=0,28±0,02).

Биоспектрофотометрия (БСФМ) с оценкой эндогенной флуоресценции по величине Кf может являться информативным параметром, позволяющим различать нормальную и патологически измененную биоткань и выполнять прицельную биопсию из участков с максимально выраженными изменениями. Диагностическим критерием злокачественных изменений является Кf≥0,6. БСФМ позволяет более корректно определять дальнейшую лечебную тактику: хирургическое лечение, эндоскопическое удаление новообразований, консервативную терапию и динамическое наблюдение.

### ОПТИМИЗАЦИЯ ЭНДОСКОПИЧЕСКОЙ ПОЛИПЭКТОМИИ НА ОСНОВЕ ЛАЗЕРНОЙ ДОПЛЕРОВСКОЙ ФЛОУМЕТРИИ

С.Г. Терещенко, Л.В. Мечёва, Л.Г. Лапаева Московский областной научноисследовательский клинический институт им. М.Ф. Владимирского, Москва

<u>Цель:</u> Оценить возможности лазерной доплеровской флоуметрии (ЛДФ) в качестве экспресс-метода оценки возможности развития кровотечения и выборе метода гемостаза при эндоскопической полипэктомии.

Материал и методы: Обследованы 22 больных с эпителиальными новообразованиями (ЭН) пищеварительного тракта (желудка – 5, толстой кишки – 17). Мужчин было 12, женщин – 10. Возраст в среднем составил 66,2±1,5 года. Тип микроциркуляции определялся анализатором капиллярного кровотока ЛАКК-01. Методом электроэксцизии удалено 159 полипов. Предварительных мер профилактики кровотечения не проводилось.

Результаты: По данным ЛДФ спастический тип микроциркуляции (СТМ) был у 3 пациентов, нормоциркуляторный (НТМ) – у 8, нормоциркуляторный ближе к гиперемическому – у 8, гиперемический тип (ГТМ) – у 3. Интенсивность кровотечения оценивали следующим образом: 0-степень – кровотечение отсутствует, 1-степень – медленное просачивание крови с места резецированной слизистой, 2-степень – слабое капиллярное кровотечение, 3-степень –

средней интенсивности, формируется геморрагический сгусток, 4-степень – выраженное кровотечение, геморрагический сгусток не формируется.

Больные были разделены на две группы: 1 группу составили 11 больных со СТМ и НТМ, 2 группу столько же пациентов с НТМ близким к гиперемическому и ГТМ. У больных 1 группы кровотечение 3 степени отмечено у 1 пациента. У больных 2 группы в 7 наблюдениях наблюдалось кровотечение 1-3 степени. Тетрахорический коэффициент корреляции между отнесением пациентов к той или иной подгруппе и наличием кровотечения различной интенсивности составил 0.57 (p<0.01). Это свидетельствует, о том, что при приближении типа микроциркуляции к гиперемическому увеличивается риск развития кровотечения при проведении эндоскопической полипэктомии. Для остановки кровотечения у больных с СТМ обоснована электрокоагуляция, которая потенцирует спастические реакции в зоне воздействия. При ГТМ оптимально применение эндоскопического клипирования.

Заключение: При эндоскопическом удалении ЭН необходимо учитывать тип микроциркуляции, который коррелирует с предполагаемой реакцией микрососудистого русла на экзогенный фактор (электрохирургическое воздействие). При СТМ экзогенное воздействие приводит к спазму сосудов в зоне операции, дополнительная электрокоагуляция послужит надежным способом гемостаза. При ГТМ экзогенное воздействие вызывает обратную реакцию, способствует расслаблению сосудистой стенки и развитию кровотечения, поэтому оптимальным способом гемостаза будет механический гемостаз - клипирование. ЛДФ является информативным, неизвазивным экспресс-методом в прогнозе развития кровотечения и выборе патогенетически обоснованного эндогемостаза при эндоскопической полипэктомии. На основании проведенного исследования разработаны: способ прогнозирования риска развития кровотечений при полипэктомии желудочно-кишечного тракта с применением тока высокой частоты (патент № 2421145) и способ профилактики кровотечения после полипэктомии (патент № 2564149).

## ДИАГНОСТИКА ОПУХОЛЕВЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СПЕКТРОСКОПИИ КОМБИНАЦИОННОГО РАССЕЯНИЯ СВЕТА И ФОТОЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ

А.Б. Тимурзиева<sup>1,2</sup>, Д.Д. Аргун<sup>2</sup>, И.С. Садиков<sup>3</sup>, В.И. Попадюк<sup>4</sup>, В.А. Дуванский<sup>4</sup>, В.И. Кукушкин<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Национальный НИИ общественного здоровья имени Н.А. Семашко, Москва

<sup>2</sup> "НП КЛИНИК", Москва

<sup>3</sup> "Клиника К+31 на Лобачевского", Москва

<sup>4</sup> Российский университет дружбы народов им. Патриса Лумумбы, Москва

<sup>5</sup> Институт физики твердого тела имени Ю.А. Осипьяна РАН, Черноголовка

Введение: Новообразования различной локализации относятся к одним из наиболее распространенных заболеваний в мире [1]. Согласно нашему наблюдению, наиболее часто встречающимися опухолевыми заболеваниями, с которыми пациенты за последний год обращались к хирургам, гинекологам, оториноларингологам, эндокринологам, терапевтам, врачам ультразвуковой диагностики, урологам, неврологам и другим специалистам, были новообразования кожи (9,9 %); желудка и пищевода (6,0 %); матки и яичников (24,3 %); почек и мочевого пузыря (1,6 %); щитовидной железы (2 %); гипофиза (0,4 %); гортани (2,0 %); головного мозга (0,8 %), а также онкологические заболевания крови (1,2 %); среди остальных 50,6 % опухолевых заболеваний наиболее часто встречались новообразования молочной железы, легких, предстательной железы, кишечника и др.; не менее, чем у 1,2 % пациентов отмечалась канцерофобия. В связи с этим, целью нашего исследования было изучить возможность использования комбинационного рассеяния света и флюоресценции в идентификации опухолевого процесса [2].

Материал и методы: В ходе исследования проанализированы спектры тканей ЛОР-органов при некоторых опухолевых заболеваниях (*N*=1520 спектров). Применялись эффекты флюоресценции и комбинационного рассеяния света с длиной волны возбуждающего излучения 532 нм.

<u>Результаты:</u> Были получены спектры тканей ЛОР-органов при некоторых новообразованиях с учетом флюоресценции и линий комбинационного рассеяния света. При этом было

отмечено, что ткани в норме отличаются от тканей ЛОР-органов при данных заболеваниях при опухолевом процессе.

Заключение: Проведенное исследование продемонстрировало высокие показатели точности, чувствительности, специфичности и скорости метода раман-флюоресцентной спектроскопии в диагностике некоторых опухолевых заболеваний ЛОР-органов, что может рассматриваться в качестве перспективы разработки методов раннего выявления онкологического процесса на начальной его стадии.

- Тимурзиева А.Б., Попадюк В.И., Дуванский В.А., Кукушкин В.И. Совершенствование ранней неинвазивной диагностики для повышения эффективности и качества оказания медицинской помощи при заболеваниях глотки. Медицинская физика. 2023. № 2. С. 97-98.
- 2. Тимурзиева А.Б., Садиков И.С. Перспективы использования раман-флюоресцентных медицинских технологий в ранней диагностике воспалительных и опухолевых заболеваний головы и шеи с целью повышения качества оказания медицинской помощи: краткий обзор и результаты собственных исследований. Медицинский алфавит. 2022; (3): 41-6. https://doi.org/10.33667/2078-5631-2022-3-41-46.

## РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА РАННЕЙ ДИАГНОСТИКИ ОПУХОЛЕЙ КОЖИ ГОЛОВЫ И ШЕИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОНФОКАЛЬНОЙ СКАНИРУЮЩЕЙ СПЕКТРОСКОПИИ КОМБИНАЦИОННОГО РАССЕЯНИЯ СВЕТА И ФОТОЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ

А.Б. Тимурзиева<sup>1,2</sup>, В.А. Дуванский<sup>3</sup>, Е.Н. Римская<sup>2</sup>, В.И. Попадюк<sup>3</sup>, С.Н. Шелыгина<sup>2</sup>, К.Г. Кудрин<sup>2,4</sup>

- <sup>1</sup> Национальный НИИ общественного здоровья имени Н.А. Семашко, Москва
- <sup>2</sup> Физический институт имени П.Н. Лебедева РАН, Москва
  - <sup>3</sup> Российский университет дружбы народов им. Патриса Лумумбы, Москва <sup>4</sup> Российский университет медицины
- Минздрава РФ, Москва
  <sup>5</sup> Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова

(Сеченовский Университет), Москва

Разработка методов ранней неинвазивной диагностики опухолей головы и шеи является важной задачей системы здравоохранения [1]. Особого внимания в данном аспекте заслуживают злокачественные новообразования

кожи [2], среди которых широкую распространенность приобрели такие заболевания, как базальноклеточная и плоскоклеточная карцинома кожи. В связи с этим нами была поставлена цель исследования: разработать алгоритм ранней идентификации злокачественных новообразований кожи головы и шеи на примере вышеупомянутых заболеваний.

Материал и методы: Измерения проводились непосредственно после удаления в ходе операции ткани базальноклеточной (240 спектров) и плоскоклеточной карциномы кожи (220 спектров). Полученные спектры сравнивались со спектрами интактной кожи (212 спектров), так как резекция ткани проводилась в пределах неизмененной области для исключения рецидива заболевания. В качестве подтверждающего метода проводилось гистологическое исследование. В ходе исследования применялись длины волн возбуждающего излучения 532, 785 и 1064 нм при комнатной температуре (25°C).

Результаты: При дифференциации тканей опухолей от интактной кожи при упомянутых выше заболеваниях с использованием длины волны возбуждающего излучения 532 нм чувствительность метода составила 96,2 % и специфичность - 94,7 %. При длине волны возбуждения 785 нм - 84 % и 72,7 % соответственно. При длине волны возбуждения 1064 нм – 89,5 % и 96,9 % соответственно. При этом были рассчитаны не зависящие от длины волны спектральные критерии (индексы отношения интенсивностей на величинах волновых чисел 1302 см<sup>-1</sup> и 1445 см<sup>-1</sup>, а также на 1745 cм<sup>-1</sup> и 1445 см<sup>-1</sup>), обнаружение которых было связано с наличием определенных компонентов в тканях. Были обнаружены существенные различия между классами тканей в содержании липидов, что обнаруживалось в их спектрах комбинационного рассеяния света. После расчета абсолютных и относительных значений спектральных данных был разработан алгоритм диагностики, который заключался в поэтапном выполнении следующих действий: определение границ резекции опухолевой ткани с использованием комбинационного рассеяния света и фотолюминесценции; идентификация патологического процесса с использованием вышеупомянутого метода; регистрация спектральных данных; удаление опухолевой ткани; мониторинг процесса восстановления после проведения операции; определение риска развития рецидива; проведение контрольного исследования через полгода; при наличии рецидива – повторное выполнение алгоритма на ранней стадии развития заболевания с минимальной инвазивностью, высокими скоростью, чувствительностью, специфичностью, точностью для своевременной маршрутизации пациента и проведения лечения.

Заключение: В ходе исследования были получены спектры интактной ткани кожи и тканей базальноклеточной и плоскоклеточной карциномы кожи *in vitro*. Были оценены биомаркеры тканей кожи в норме и при патологии, рассчитаны спектральные критерии. Разработанный алгоритм диагностики в перспективе может быть использован в качестве метода ранней неинвазивной диагностики рака при опухолях головы и шеи.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского научного фонда, грант  $\mathbb{N}$  23-25-00249.

Исследование проведено в соответствии с Хельсинской декларацией и одобрено Межвузовским комитетом по этике Московского государственного университета им. Евдокимова (протокол  $\mathbb{N}^{0}$  3 от 16.03.2023).

- Тимурзиева А.Б., Попадюк В.И., Дуванский В.А., Кукушкин В.И. Совершенствование ранней неинвазивной диагностики для повышения эффективности и качества оказания медицинской помощи при заболеваниях глотки. Медицинская физика. 2023; № 2. С. 97–98.
- 2. Тимурзиева А.Б., Римская Е.Н., Кудрин К.Г., Шелыгина С.Н., Дуванский В.А., Рябов М.В. Ранняя неинвазивная экспресс-диагностика базальноклеточной карциномы кожи головы и шеи для повышения качества организации онкологической помощи. Профилактическая медицина. 2023; 26 (11): 29-33. https://doi.org/10.17116/profmed20232611129.

## 2D-СКАНИРУЮЩАЯ КОНФОКАЛЬНАЯ МИКРОСПЕКТРОСКОПИЯ КОМБИНАЦИОННОГО РАССЕЯНИЯ СВЕТА И ФОТОЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ В ДИАГНОСТИКЕ РАКА КОЖИ ГОЛОВЫ И ШЕИ

А.Б. Тимурзиева<sup>1,2</sup>, В.А. Дуванский<sup>3</sup>, М.С. Федина<sup>4</sup>, Е.Н. Римская<sup>2</sup>, С.Н. Шелыгина<sup>2</sup>, К.Г. Кудрин<sup>2,5</sup>

- <sup>1</sup> Национальный НИИ общественного здоровья имени Н.А. Семашко, Москва
- <sup>2</sup> Физический институт имени П.Н. Лебедева РАН, Москва
- <sup>3</sup> Российский университет дружбы народов им. Патриса Лумумбы, Москва <sup>4</sup> Российский университет медицины Минздрава РФ, Москва

<sup>5</sup> Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова (Сеченовский Университет), Москва

Цель: Согласно ранее проведенному нами исследованию, была доказана информативность использования конфокальной микроспектроскопии комбинационного рассеяния света и фотолюминесценции в диагностике базальноклеточной карциномы кожи головы и шеи [1]. В связи с этим нами было предпринято решение об изучении использования данного метода в отношении дифференциальной диагностики различных новообразований кожи головы и шеи (папилломы, базальноклеточной и плоскоклеточной карциномы кожи).

Материал и методы: Спектры были сняты с поверхности интактной кожи, а также доброкачественных и злокачественных ее новообразований непосредственно после удаления ткани в ходе операции (160 спектров папилломы, 262 спектра базальноклеточной карциномы, 242 спектра плоскоклеточной карциномы кожи). Был проведен сравнительный анализ спектров при данных видах нозологий. Каждый клинический диагноз сопровождался проведением гистологического исследования. В ходе исследования применялись длины волн возбуждающего излучения 532, 785 нм.

Результаты: В результате проведенного исследования были получены спектры при папилломе, базальноклеточной карциноме, плоскоклеточной карциноме кожи при длинах волн возбуждающего излучения 532 нм и 785 нм с использованием 2D-сканирующей конфокальной микроспектроскопии фотолюминесценции и комбинационного рассеяния света. Были разработаны диагностические критерии в отношении перечисленных видов новообразований. Полученные результаты могут служить основой для разработки дифференциально-диагностического алгоритма (pattern analysis) при постановке диагноза на ранней его стадии. Рассчитанное нами соотношение интенсивностей полос отражает морфометрические характеристики ткани на молекулярном уровне и позволяет идентифицировать различные биомаркеры кожи в норме, при доброкачественных и злокачественных новообразованиях.

Заключение: Проведенные нами исследования являются важными при разработке алгоритмов ранней диагностики рака кожи с использованием оптических технологий.

Принимая во внимание высокие уровни чувствительности, специфичности, скорости, точности данных технологий при вышеперечисленных заболеваниях, мы можем анализировать процесс, происходящий в тканях, в режиме реального времени, что является важным этапом для их использования не только *in vitro*, но и *in vivo*.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского научного фонда, грант  $\mathbb{N}$  23-25-00249.

Исследование проведено в соответствии с Хельсинской декларацией и одобрено Межвузовским комитетом по этике Московского государственного университета им. Евдокимова (протокол № 3 от 16.03.2023).

1. Тимурзиева А.Б., Римская Е.Н., Кудрин К.Г., Шелыгина С.Н., Дуванский В.А., Рябов М.В. Ранняя неинвазивная экспресс-диагностика базальноклеточной карциномы кожи головы и шеи для повышения качества организации онкологической помощи. Профилактическая медицина. 2023; 26 (11): 29-33. https://doi.org/10.17116/profmed20232611129.

## РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА РАННЕЙ ДИАГНОСТИКИ РАКА ГОРТАНИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СПЕКТРОСКОПИИ КОМБИНАЦИОННОГО РАССЕЯНИЯ СВЕТА И ФОТОЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ

А.Б. Тимурзиева<sup>1</sup>, В.И. Попадюк<sup>2</sup>, В.А. Дуванский<sup>2</sup>, В.И. Кукушкин<sup>3</sup>
<sup>1</sup> Национальный НИИ общественного здоровья имени Н.А. Семашко, Москва
<sup>2</sup> Российский университет дружбы народов им. Патриса Лумумбы, Москва
<sup>3</sup> Институт физики твердого тела имени Ю.А. Осипьяна РАН, Москва

Введение: На сегодняшний день опухолевые заболевания гортани приобрели широкую распространенность. Соответственно, раннее их выявление относится к одной из важнейших задач в клинической медицине. В данном аспекте следует обратить внимание на использование комбинационного рассеяния света и флюоресценции [1–3]. Целью нашего исследования было обосновать возможность использования раман-флюоресцентной спектроскопии в ранней идентификации рака гортани.

<u>Материал и методы:</u> В ходе исследования проанализированы спектры тканей гортани

при различных типах плоскоклеточной карциномы (*N*=106 спектров). Применялся аппаратно-программный комплекс, работа которого была основана на эффектах флюоресценции и рамановского рассеяния света с длиной волны возбуждающего излучения 532 нм.

Результаты: Помимо полос комбинационного рассеяния света при злокачественном процессе на величинах волновых чисел 1001, 1148, 1516, 2930 см<sup>-1</sup>, при плоскоклеточной карциноме гортани (низкодифференцированном типе) визуализировались рамановские пики на 1250, 1400, 1900 см<sup>-1</sup> и др. Также было продемонстрировано, что в спектрах интактной ткани гортани, окружающей опухолевую ткань, отсутствуют пики, отмечавшиеся на различных стадиях течения плоскоклеточного рака гортани. Чувствительность метода составила 94 %, специфичность – 96 %.

Заключение: На основании полученных данных разработан алгоритм ранней диагностики рака гортани, заключающийся в следующих этапах: обращение пациента в поликлинику, обследование его с использованием фиброларингоскопии, видеоларингостробоскопии, NBI-эндоскопии и др. (помимо стандартного осмотра ЛОР-органов), затем проведение спектроскопии комбинационного рассеяния света и флюоресценции; определение границ резекции опухолевой ткани; удаление новообразования; проведение гистологического исследования; при подтверждении признаков злокачественного роста- проведение повторного исследования с использованием раман-флюоресцентной спектроскопии (контроль проведенного лечения), при наличии рецидива заболевания – повторное вмешательство, при отсутствии признаков злокачественного роста - проведение плановых профилактических осмотров в установленные сроки.

- Тимурзиева А.Б., Попадюк В.И., Дуванский В.А., Кукушкин В.И. Совершенствование ранней неинвазивной диагностики для повышения эффективности и качества оказания медицинской помощи при заболеваниях глотки. Медицинская физика. 2023. № 2. С. 97–98.
- van Lanschot C, Schut TB, Barroso E, Sewnaik A, Hardillo J, Monserez D, Meeuwis C, Keereweer S, de Jong RB, Puppels G, Koljenović S. Raman spectroscopy to discriminate laryngeal squamous cell carcinoma from non-cancerous surrounding tissue. Lasers Med Sci. 2023 Aug 25;38(1):193. doi: 10.1007/s10103-023-03849-4. PMID: 37624524; PMCID: PMC10457228.
- 3. Тимурзиева А.Б. Использование раман-флуоресцентных технологий в ранней диагностике воспалительных и опухолевых заболеваний как часть стратегического направления формирования общественного здоровья и

инструмент для повышения качества оказания медицинской помощи: обзор литературы // Лазерная медицина. 2021. 25 (4). 42-50.

## ПРИМЕНЕНИЕ ОПТИЧЕСКОЙ КОГЕРЕНТНОЙ ТОМОГРАФИИ С ЦЕЛЬЮ ОЦЕНКИ МИКРОЦИРКУЛЯЦИИ ЖЕЛУДОЧНОГО СТЕБЛЯ ПРИ ПЛАСТИКЕ ПИЩЕВОДА

Г.Г. Торгомян<sup>1,2</sup>, Е.Б. Киселева<sup>2,4</sup>, А.А. Плеханов<sup>2,4</sup>, Н.М. Киселев<sup>1,2</sup>, Г.В. Геликонов<sup>3</sup>, Н.Д. Гладкова<sup>2,4</sup>, С.В. Гамаюнов<sup>1,2</sup>, В.Е. Загайнов<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Нижегородский областной клинический онкологический диспансер, Нижний Новгород <sup>2</sup> Приволжский исследовательский медицинский университет, Нижний Новгород <sup>3</sup> Институт прикладной физики РАН, Нижний Новгород

<sup>4</sup> НИИ экспериментальной онкологии и биомедицинских технологий Приволжского исследовательского медицинского университета, Нижний Новгород

Цель: Рак пищевода - злокачественное заболевание, занимающее десятое место по уровню заболеваемости и шестое место по уровню смертности в мире. Хирургический компонент лечения при злокачественных заболеваниях включает в себя выполнение оперативного вмешательства в объеме резекции пищевода с последующей пластикой. Наиболее часто в качестве материала для выполнения пластики пищевода используют желудок, из которого выкраивают трубчатый стебель и анастомозируют с остающимся участком пищевода. Вышеописанные оперативные вмешательства ассоциированы с высоким риском послеоперационных осложнений и высоким уровнем послеоперационной смертности. В структуре послеоперационных осложнений одним из наиболее жизнеугрожающих является осложнение, ассоциированное с гемодинамическими нарушения трансплантата - некроз желудочного стебля.

Оптическая когерентная томография – методика, позволяющая производить оценку структуры тканей и микроциркуляции на глубину 1–2 мм в режиме реального времени без использования контрастного вещества и дополнительной лучевой нагрузки. Интраоперационное применение данной методики поз-

волит диагностировать нарушения микроциркуляции и предотвратить развитие осложнений.

Материал и методы: Исследование проведено с одобрения локального этического комитета НОКОД. В исследование было включено 2 минипига. В условиях wetlab ПИМУ Минздрава России под общим наркозом была выполнена лапаротомия, и сформирован желудочный стебель по технологии, используемой в реальной практике. После формирования стебля проведена оценка желудочного стебля в 4 условных зонах, равноудаленных друг от друга от наиболее проксимальной к наиболее дистальной на спектральном мультимодальном томографе ОКТ-1300 с использованием специально разработанного в ИПФ РАН зонда. Спустя 15 минут после первичной оценки была проведена повторная оценка в тех же зонах, что и при первичной. В дальнейшем было выполнено иссечение участках желудочной стенки в 4 условных зонах для последующего гистологического исследования.

Результаты: При оценке структуры тканей и микроциркуляции стенки желудка после редукции кровотока и формирования желудочного стебля было отмечено снижение плотности сосудистой сети от наиболее проксимальной к наиболее дистальной части стебля. Так же в ряде случаев отмечалось появление расширенных сосудов в апикальной части трансплантата без видимой активности на ангиограммах, что свидетельствует о развитии венозного застоя. Спустя 15 минут после первичной оценки отмечается появление колатерального кровотока.

<u>Вывод:</u> Использование оптической когерентной томографии в целях оценки микроциркуляции желудочного стебля является весьма перспективной методикой, однако требуется проведение дальнейших исследований для разработки объективных критериев оценки удовлетворительности кровоснабжения.

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ ФОТОДИНАМИЧЕСКОЙ ТЕРАПИИ В СРАВНЕНИИ С РЕКОМЕНДУЕМЫМИ МЕТОДАМИ ПАЛЛИАТИВНОГО ЛЕЧЕНИЯ СТЕНОЗИРУЮЩЕГО РАКА ПИЩЕВОДА

А.Н. Туманина<sup>1</sup>, Е.В. Филоненко<sup>2</sup>, В.А. Апанасевич<sup>3</sup>, О.А. Щипков<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Приморский краевой онкологический диспансер, Владивосток

<sup>2</sup> Национальный медицинский исследовательский центр онкологии, Москва

<sup>3</sup> Тихоокеанский государственный медицинский университет, Владивосток

<sup>4</sup> Российский университет дружбы народов им. Патриса Лумумбы, Москва

Цель: Рак пищевода (РП) является злокачественной эпителиальной опухолью, агрессивной по своему течению и прогнозу. У большинства больных диагностируется III-IV стадия заболевания, что ограничивает возможности применения радикального хирургического лечения вследствие распространенности процесса, тяжелых сопутствующих заболеваний и возрастных изменений. Методом выбора для этих пациентов является лучевая терапия и химиотерапия, однако после ЛТ высока вероятность резидуальной опухоли (от 25 % до 40 %), а влияние химиотерапии усугубляет тяжелое общее самочувствие ослабленных больных. В настоящее время для лечения этой категории пациентов активно используются эндоскопические методы лечения, в том числе электрокоагуляция, аргоноплазменная коагуляция, стентирование и ФДТ [1-3]. Поиск эффективных методов лечения стенозирующего РП по-прежнему является актуальным. Цель работы - оценить эффективность ФДТ как монометода в сравнении с рекомендуемыми методами лечения стенозирующего РП в сочетании со стентированием.

Материал и методы: Материалом для исследования явились результаты паллиативного лечения 150 пациентов со стенозирующим РП, за период с 2015 по 2020 гг., к которым применялись различные методы лечения: стентирование (С) (83 пациента), сочетание С и химиотерапии (ХТ) (28 пациентов), С и химиотерапия (ХТ) (28 пациентов) и фотодинамической терапии (ФДТ) (10 пациентов). Все сравниваемые группы соответствовали нормальному распределению и были гомоскедастичны по следующим критериям: пол, возраст, гистологическая

структура опухоли, локализация опухоли, протяжённость, степень дисфагии и стадия заболевания. Для оценки длительности жизни использовалась медиана выживаемости с построением кривых Каплана–Майера.

Результаты: Продолжительность жизни пациентов в группе с С как единственным методом лечения составила 5,19±0,43 мес, медиана выживаемости – 4 мес. Медиана выживаемости пациентов в группе С+ХТ составила 7,0 мес средняя продолжительность жизни 6,96±0,73 мес. Средняя продолжительность жизни пациентов в группе сочетания С+ЛТ составила 7,71±0,71 мес, медиана выживаемости составила 8 мес. Продолжительность жизни, в группе ФДТ составила 8,67±2,63 мес, что почти на 3 месяца больше, чем в группе пациентов получивших С (5,19±0,43). Показатели медианы выживаемости в группе ФДТ близки к группе С+ХТ и С+ЛТ.

<u>Выводы:</u> ФДТ является эффективным методом как борьбы с дисфагией, так и специфического лечения пациентов со стенозирующим РП, обеспечивая выживаемость соизмеримую с сочетанием C+XT, а также C+ЛT.

- 1. Странадко Е.Ф., Шабаров В.Л., Рябов М.В. Эндоскопическая фотодинамическая реканализация обтурирующего рака пищевода Медицинская физика. 2022. № 1 (93). С. 70-72.
- Stranadko E., Shabarov V., Riabov M., Duvansky V. Photodynamic therapy in the treatment of esophageal cancer. Endoscopy. 2020. V. 52. P. OP339.
- 3. Дуванский В.А., Князев М.В., Праведников П.В. Современные аспекты фотодинамической терапии заболеваний пищевода. Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология. 2011. № 10. С. 111–116.

## КОМПЛЕКСНОЕ ЭНДОСКОПИЧЕСКОЕ ЛЕЧЕНИЕ ВОСПАЛИТЕЛЬНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ РЕСПИРАТОРНОГО ТРАКТА У ДЕТЕЙ С ТЯЖЕЛОЙ СОЧЕТАННОЙ ТРАВМОЙ

А.Ю. Харитонова, А.А. Шавров, О.В. Карасева, Н.Е. Горбатова, Е.А. Фролов, А.О. Меркулова, В.А. Капустин НИИ неотложной детской хирургии и травматологии ДЗМ, Москва

Актуальность: Политравма относится к наиболее тяжелым видам детского травматизма с высокой летальностью. Тяжелая гиповентиляция и длительная искусственная вентиляция легких (ИВЛ) являются причиной воспали-

тельных заболеваний респираторного тракта (РТ) и значительно усугубляют течение раннего посттравматического периода у детей. Литературные источники указывают, что частота постинтубационных воспалительно-гнойных заболеваний легких у этих больных остается на высоком уровне и достигает 90 %.

<u>Цель:</u> Оценить эффективность внутрипросветного лечения воспалительных изменений РТ с помощью лазерного излучения у детей с тяжелой сочетанной травмой.

Материал и методы: В исследование вошли 288 детей в возрасте от 1 года до 18 лет, средний возраст 10,6±5,2 лет, мальчики 76 %, девочки 24 %. Тяжесть повреждений оценивали по шкале ISS - среднее значение 26,3±10,1 баллов. Длительность лечения в палате интенсивной терапии в среднем составила 21±6 сут. Респираторная поддержка обеспечивалась с помощью ИВЛ в течение 12,3±3 сут. Гибкая ларинготрахеобронхоскопия (ЛТБС) проводилась под общей анестезией в первые 3 сут после травмы. При нестабильном состоянии пациента исследование было отсрочено до ее достижения. Также ЛТБС выполняли по показаниям: трахеостомия, сложная интубация, подозрение на инородные тела, ателектаз легкого, легочные кровотечения, при повреждение трахеобронхиального дерева. Кроме того проводили эндоскопический контроль эффективности лечения и т.д. Лазеротерапия выполнялась аппаратом "Ливадия" с помощью минизондов, вводимых через инструментальный канал бронхоскопа - использовали комбинацию излучения 3 фиксированных длин 1,064 мкм, 532 нм и 266 нм, применяли НІСНуровень мощности излучения с длительностью воздействия от 60-180 с.

Результаты: Воспалительно-гнойные изменения РТ наблюдались в 96,8 % случаев. Ларингоскопия в первые 7 сут после интубации верифицировала постинтубационные эрозивно-язвенные ларингиты у 25,4 % больных. Острый постинтубационный отек слизистой оболочки трахеи и сужение ее просвета наполовину или до 2/3 отметили у 8 % детей, у 3,5 % из которых это сопровождалась трахеомаляцией. Эрозивно-язвенный трахеит выявлен у 27,7 % пациентов, а повреждение мембранозной части трахеи в первые три дня после травмы наблюдалось у 1,7 % детей. Эндоскопия РТ диагностировала гнойный 29.3 % трахеобронхит II–III ст., кровотечения отмечены у 3,1 % детей. Пациентам проводили санационную бронхоскопию с воздействием терапевтическим лазерным излучением. В среднем курс комбинированного эндоскопического лечения составлял 2–3 сеанса с хорошим лечебным эффектом в виде стихания воспалительных изменений, полной эпителизации эрозивно-язвенных дефектов, восстановления просвета трахеи, сокращения сроков лечения и предотвращения развития тяжелых осложнений.

<u>Выводы</u>: Политравма в комбинации с хронической гиповентиляцией и длительной ИВЛ требуют профилактики развития воспалительных и деструктивных изменений РТ посредством планового эндоскопического мониторинга в сочетании с внутрипросветной лазерной терапией.

## ПАЛЛИАТИВНОЕ ХИРУРГИЧЕСКОЕ ЛЕЧЕНИЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ ФОТО-ДИНАМИЧЕСКОЙ ТЕРАПИИ ЗЛОКАЧЕСТВЕННЫХ НОВООБРАЗОВАНИЙ ЖЕЛЧЕВЫВОДЯЩЕЙ СИСТЕМЫ, ОСЛОЖНЕННЫХ МЕХАНИЧЕСКОЙ ЖЕЛТУХОЙ

А.Е. Цеймах¹, А.Н. Мищенко², В.А. Куртуков², Я.Н. Шойхет¹ Алтайский государственный медицинский университет, Барнаул ² Городская больница № 5, Барнаул

Цель: Рак билиарного тракта является редкой онкологической патологией с одним из самых худших прогнозов среди опухолей ЖКТ. Несмотря на развитие методов лучевой и химиотерапии, основным методом лечения билиарного рака остается хирургический. Однако на момент постановки диагноза более 80 % пациентов возможно проведение лишь паллиативного лечения, главным компонентом которого является устранение жизнеугрожающих осложнений основного заболевания, таких как механическая желтуха и холангит. Целью исследования было оценить эффективность паллиативного хирургического лечения с применением фотодинамической терапии у больных злокачественными новообразованиями желчевыводящей системы, осложненными механической желтухой.

Материал и методы: У 10 пациентов основной группы проводилось паллиативное хирургическое лечение с применением фотодинамической терапии, у 20 пациентов группы

сравнения проводилось паллиативное хирургическое лечение без применения фотодинамической терапии. В качестве фотосенсибилизатора использовался препарат фотодитазин. У всех пациентов основной группы проводилось ФДТ по следующему алгоритму. В первую очередь проводилась системная фотодинамическая терапия через периферический доступ в кубитальную вену монохроматическим светом с длиной волны 662-665 нм, плотностью энергии 1200–1400 Дж/см<sup>2</sup> мощностью 0,7 Вт с плотностью мощности излучения 0,22 Bт/см<sup>2</sup> аппаратом для внутривенного облучения крови при внутривенном введении фотосенсибилизатора в дозе 1-1,4 мг/кг массы тела. Локальная контактная фотодинамическая терапия осуществлялась путем облучения через антеградный чрескожный и/или ретроградный эндоскопический доступы монохроматическим светом с длиной волны 662 нм с экспозиционной дозой света 220 Дж/см<sup>2</sup> программным специализированным лазерным двухволновым аппаратом "ЛАМИ-Гелиос" мощностью 0,7 Вт с плотностью мощности излучения 0,22 Bт/см<sup>2</sup> по истечении 5 часов с момента окончания системной фотодинамической терапии.

Результаты: У пациентов основной группы наблюдалось статистически значимое увеличение продолжительности жизни по сравнению с группой сравнения более чем на 3 месяца (104 дня). При этом выявлено статистически значимое влияние маркера опухолевой инвазии – фактора некроза опухоли α.

Заключение: Таким образом, паллиативное лечение с применением фотодинамической терапии злокачественных новообразований желчевыводящих протоков, осложненных механической желтухой, позволяет увеличить выживаемость пациентов за счет уменьшения опухолевой инвазии.

## ПРИМЕНЕНИЕ ОПТИЧЕСКОЙ КОГЕРЕНТНОЙ ТОМОГРАФИИ С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ ДИАГНОСТИЧЕСКОЙ ТОЧНОСТИ ВНУТРИПРОТОКОВОЙ БИОПСИИ У ПАЦИЕНТОВ С ОПУХОЛЯМИ ГЕПАТОПАНКРЕАТОБИЛИАРНОЙ ЗОНЫ

Л.М. Целоусова<sup>1</sup>, Р.А. Дерябин<sup>1</sup>, Н.М. Киселев<sup>1,2</sup>, Г.Г. Торгомян<sup>1,2</sup>, Г.В. Геликонов<sup>3</sup>, Н.Д. Гладкова<sup>2,4</sup>, С.В. Гамаюнов<sup>1</sup>, В.Е. Загайнов<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Нижегородский областной клинический онкологический диспансер, Нижний Новгород

<sup>2</sup> Приволжский исследовательский

медицинский университет, Нижний Новгород

<sup>3</sup> Институт прикладной физики РАН,

Нижний Новгород

<sup>4</sup> НИИ экспериментальной онкологии и
биомедицинских технологий Приволжского
исследовательского медицинского
университета, Нижний Новгород

<u>Цель:</u> Опухоль Клацкина характеризуется расположением в воротах печени и встречается в 50 % случаев внепеченочных локализаций холангиокарциномы. Медиана выживаемости пациентов, подлежащих системному противоопухолевому лечению (более двух третей от общего числа), составляет 25–40 мес, показатель 5-летней выживаемости не превышает 25 %.

На момент манифестации заболевания пациенты нуждаются в установлении морфологической природы опухоли в кратчайшие сроки. Внутрипротоковая биопсия, специфичность которой составляет почти 100 %, а чувствительность колеблется от 80 до 94 %, является одним из наиболее распространенных и эффективных методов получения образцов тканей на морфологическое исследование. Оптическая когерентная томография - методика, позволяющая производить оценку структуры тканей на глубину 1-2 мм в режиме реального времени без использования контрастного вещества и дополнительной лучевой нагрузки. Комбинация данных методик позволяет повысить чувствительность внутрипротоковой биопсии в диагностике опухоли Клацкина.

Материал и методы: За период с октября 2021 г. по апрель 2024 г. на базе 2-го онкологического отделения абдоминальной онкологии и рентгенхирургических методов диагностики и лечения НОКОД выполнялась эндобилиарная биопсия 49 пациентам с клиническим диагнозом С22, С24, С25. С октября 2022 г. в клиническую практику введен ОКТ-датчик, комплаентный интродьюсеру 5F с целью проведения ОКТнавигационной внутрипротоковой биопсии. Пациенты разделены на 2 группы: группа 1 (n=27) – пациенты, которым выполнялась стандартная эндобилиарная биопсия, группа 2 (n=22) – пациенты, которым выполнялась ОКТнавигационная эндобилиарная биопсия. Также проведен сравнительный анализ ОКТ-изображений операционного материала ex vivo и соответствующих гистологических изображений стенки желчного протока с целью разработки критериев наличия опухолевой инвазии в стенке желчного протока (n=7).

<u>Результаты:</u> По данным цитологического исследования, точность диагностического теста в первой группе составила 40,74% (11/27). Во второй группе точность диагностического метода = 68,18% (15/22).

По данным гистологического исследования: точность диагностического теста эндобилиарной биопсии (группа 1) составляет 66,66 % (18/27).

Использование ОКТ-навигации в методике эндобилиарной биопсии позволило повысить точность метода до 77,27 % (17/22).

<u>Вывод:</u> Использование оптической когерентной томографии в качестве навигационного метода внутрипротоковой биопсии у пациентов с опухолью Клацкина позволяет повысить точность диагностики, уменьшить количество попыток биопсии и сроки морфологической верификации опухоли и позволяет сократить время ожидания назначения системной противоопухолевой терапии.

### РОЛЬ ВНУТРИПРОТОКОВОЙ ФОТО-ДИНАМИЧЕСКОЙ ТЕРАПИИ В ПАЛЛИАТИВНОМ ЛЕЧЕНИИ ОПУХОЛИ КЛАЦКИНА

Л.М. Целоусова, Н.М. Киселев, Р.А. Дерябин, В.Е. Загайнов, С.В. Гамаюнов <sup>1</sup> Нижегородский областной клинический онкологический диспансер", Нижний Новгород

<u>Цель:</u> Оценить эффективность и безопасность применения фотодинамической терапии в лечении пациентов с опухолью Клацкина при местно-нерезектабельном статусе онкологического процесса.

Материал и методы: С августа 2021 г. по март 2024 г. на базе 2-го онкологического отделения абдоминального онкологии и рентгенохирургических методов диагностики и лечения НО-КОД проведено 13 сеансов внутрипротоковой фотодинамической терапии 11 пациентам с верифицированным диагнозом рака внепеченочных желчных протоков. Мужчин – 54,54 % (6/11), женщин – 45,45 % (5/11). Стадии по ТММ: IIIB – 63,63 % (7/11) и IV – 36,36 % (4/11). По классификации Bismuth-Corlette: II тип – 1, IIIA тип – 2, IIIB тип – 3, IV тип – 5. На момент проведения фотодинамической терапии 88,8 % пациентов проходили противоопухолевую лекарственную

терапию. В качестве метода локального контроля пациентам проведено от 1 до 2 сеансов внутрипротоковой фотодинамической терапии под рентгеноскопическим контролем. Манипуляция проводилась в условиях рентгеноперационной на ангиографе General Electric Innova 2216450. За 2 часа до вмешательства пациентам внутривенно вводился фотосенсибилизатор радохлорин/фотодитазин в расчётных дозировках. Методика включала применение интродьюсера Cordis 5F 035' – 23 см, гидрофильного проводника Boston Scientific 0,035in - 260 см, контрастного вещества омнипак 259 мг/мл, цилиндрического диффузора длиной 10 мм. Вмешательство проводилось с использованием аппарата "Лахта-милон" с длиной волны 660 нм. Облучение производилось полями с шагом в 1 см на протяжении зоны стриктуры с вовлечением 5 мм проксимальнее и дистальнее стеноза. Количество полей составляло от 3 до 7 полей. Облучение производилось в непрерывном и импульсном режимах, плотность энергии от 75 до 100 Дж/см<sup>2</sup> при выбранной плотности мощности 0,3 Bт/см<sup>2</sup>.

Результаты: Оценивался непосредственный и отдаленный эффект произведенного вмешательства: еженедельно на протяжении 1 месяца на основании клинической картины и данных контрольных холангиографий. В ближайшем послеоперационном периоде не отмечалось осложнений, повлекших за собой необходимость медикаментозной коррекции или оперативного вмешательства. На амбулаторном этапе производился еженедельный контроль выраженности опухолевого стеноза желчных протоков. По результатам интерпретации холангиографий, на 3-4 неделе после вмешательства отмечались следующие рентгенологические признаки: восстановление пассажа желчи в двенадцатиперстную кишку в 81,81 % случаев (9/11), уменьшение степени выраженности опухолевого стеноза на 15-18 %. Клиническая картина включала в себя снижение дебета желчи по наружному холангиодренажу от 20 до 80 % у 81 % пациентов (9/11), отсутствие рецидива клинической картины холангита за период наблюдения (до 12–24 недель).

<u>Вывод:</u> Внутрипротоковая фотодинамическая терапия является относительно безопасным и эффективным методом паллиативного лечения пациентов с опухолью Клацкина. Применение данной методики позволяет снизить частоту холангитов, повысить приверженность пациентов к прохождению ПХТ и улучшить качество жизни.

### ПРИМЕНЕНИЕ ГОЛЬМИЕВОГО ЛАЗЕРА В ЭНДОСКОПИЧЕСКОЙ ХИРУРГИИ НОВООБРАЗОВАНИЙ ВЕРХНИХ ДЫХАТЕЛЬНЫХ ПУТЕЙ

Н.В. Черниченко, Е.А. Шуинова, И.О. Сусарев Российский научный центр рентгенорадиологии Минздрава РФ, Москва

<u>Цель:</u> Продемонстрировать возможности использования гольмиевого лазера при опухолевой патологии верхних дыхательных путей, представить основные технические характеристики гольмиевого лазера, а также осветить вопросы техники эндоскопического вмешательства.

Материал и методы: Излучение гольмиевого лазера, характеризующееся средней выходной мощностью 5-100 Вт, максимальной энергией излучения до 6 Дж, частотой повторения импульсов до 40 Гц и длительностью импульса до 500 мкс, обеспечивает хорошее поглощение гиалиновым хрящом и другими водонасыщенными тканями. Импульсный режим значительно уменьшает время нагрева биоткани, предотвращая ожог окружающих операционное поле тканей. Двухмикронное излучение гольмиевого лазера позволяет использокварцевое волокно диаметром 200-600 мкм, что позволяет использовать его для проведения малоинвазивных эндоскопических операций. Таким образом, основными достоинствами гольмиевого лазера являются сильное поглощение излучения в биотканях и хорошая передача излучения через кварцевое волокно.

В нашей практике мы использовали лазерную хирургическую установку СТН-10 (УХЛГ-10-01) отечественного производства. После проверки готовности лазера к работе торцовый конец эндоскопа устанавливали выше опухоли. Кварцевое волокно через манипуляционный канал эндоскопа подводили к опухоли и устанавливали выше ее для бесконтактного испарения. Оптимальный режим для испарения опухоли 5-10 ватт. В случае, если опухоль характеризовалась высокой кровоточивостью, начинали с режима коагуляции, затем переходили на режим испарения. Нами проведено 236 сеансов эндоскопических лазерных вмешательств у 78 больных с доброкачественными и злокачественными опухолями носо-, рото-гортаноглотки и гортани. В зависимости от объема опухолевой массы сеансы эндоскопической лазерной деструкции проводили

в несколько этапов с интервалом 5–7 дней. В первый сеанс испаряли от 1/3 до 1/2 объема опухоли. На последнем сеансе осуществляли коагуляцию основания опухоли.

Результаты: Применение гольмиевого лазера с целью радикального лечения при доброкачественных опухолях и с паллиативной для реканализации дыхательных путей при злокачественных опухолях продемонстрировало хорошие результаты в виде ликвидации или уменьшения выраженности дыхательной недостаточности, уменьшения или полного удаления объема опухоли как подготовительного этапа перед хирургической операцией или лучевой терапией.

Заключение: Метод эндоскопической лазерной деструкции может быть использован как радикальный при доброкачественных опухолях, у больных с остаточными опухолями и ранними рецидивами после проведенного радикального лечения, а также для восстановления проходимости дыхательных путей при злокачественных опухолях в качестве подготовки к радикальным методам лечения.

### СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ ПРИМЕНЕНИЯ ЭНДОВАЗАЛЬНОГО ЛАЗЕРНОГО ТЕРМОЛИЗА И КРИОФЛЕБЭКТОМИИ В ХИРУРГИИ ВЕН

А.И. Чернооков<sup>1,2</sup>, С.И. Долгов<sup>2</sup>, А.З. Пшмахова<sup>2</sup>, H.О. Бартош<sup>1</sup>, О.М. Дондуп<sup>1</sup>, Э.А. Шептак<sup>1</sup>, Д.А. Аверин<sup>1</sup>
<sup>1</sup> РНИМУ им. Н.И. Пирогова, Москва
<sup>2</sup> Росбиотех, Москва

Цель: Одним из перспективных направлений в хирургии вен является применение эндовенозной лазерной коагуляции (ЭВЛК) и криофлебэктомии у больных варикозной болезнью. Представляет интерес сравнительный анализ интенсивности послеоперационного болевого синдрома, непосредственных и отдаленных результатов ЭВЛК и криофлебэктомии у больных с варикозной болезнью. Целью данного исследования был поиск путей улучшения результатов лечения данной категории пациентов.

Материал и методы: В клинике с 2010 по 2017 гг. находилось на лечении 278 больных с варикозной болезнью в бассейне большой подкожной вены. Среди них было 196 (70,5 %) женщин и 82 (29,5 %) мужчины в возрасте от 17 до 75 лет с

клиническим классом C2–C4 по классификации CEAP. Из них 140 пациентам была произведена эндовенозная лазерная коагуляция (основная группа) и 138 больным – криофлебэктомия (контрольная группа). Проведен сравнительный анализ уровня послеоперационного болевого синдрома, количества осложнений и рецидивов варикозной болезни после применения данных вариантов вмешательств.

Результаты: В раннем послеоперационном периоде в основной группе осложнения развились у 1 (0,7 %) больного, в контрольной – у 3 (2,1 %), при этом у больных, перенесших лазерный термолиз, отмечался в 1,4 раза меньший уровень послеоперационного болевого синдрома, чем у пациентов после криофлебэктомии. Все пациенты после выполнения ЭВЛК были трудоспособны и выписаны из клиники в день операции, длительность нетрудоспособности у больных, перенесших криофлебэктомию, варьровала от 3 до 8 дней, составив в среднем 4,9±0,4 дня. В отдаленном периоде через 24 месяца после завершения операции рецидивы заболевания выявлены у 2 (1,4 %) пациентов основной группы и у 3 (2,1 %) больных контрольной группы.

<u>Выводы:</u> ЭВЛК и криофлебэктомия являются безопасными, высокоэффективными вмешательствами. Эндовазальный термолиз по сравнению с криофлебэктомией характеризуется снижением травматичности вмешательства, более низким уровнем ранних послеоперационных осложнений, рецидивов заболевания и более быстрыми сроками реабилитации.

### НОВЫЙ РАДИКАЛЬНЫЙ СПОСОБ ЭНДОКАВИТАЛЬНОЙ ЛАЗЕРНОЙ ФОТО-ТЕРМОДЕСТРУКЦИИ ГИГРОМ У ДЕТЕЙ

В.А. Чурсин, Н.Е. Горбатова, А.В. Брянцев, О.О. Саруханян, И.В. Батунина НИИ неотложной детской хирургии и травматологии, Москва

<u>Цель:</u> Улучшить результаты лечения гигром у детей с помощью нового способа лазерной эндокавитальной фототермодеструкции.

Материал и методы: Гигромы составляют до 60 % обращений в клинику по поводу опухолевидных образований мягких тканей у детей. Процент рецидивов от хирургического лечения составляет 50 %. В работе использовался полупроводниковый лазерный аппарат ЛСП "ИРЭ-Полюс", генерирующий волны длиной 1,94 мкм. Лечение гигром проводили с помощью специ-

ально разработанного способа эндокавитальной лазерной фототермодеструкции (патент № RU 2773608). Эндокавитальную фототермодеструкцию гигром выполняли под местным обезболиванием с помощью пункционной иглы и лазерного световода, использовали непрерывное указанное лазерное излучение, мощностью от 1 Вт до 3 Вт, в течение 3±2 с. Выбор режимов лазерного излучения, мощность и время экспозиции проводили в зависимости от размеров кистозного образования по данным ультразвукового исследования (УЗИ) и на основании объема удаленной пункционной жидкости. Осмотр после манипуляции проводили на 14-й и 30-й сут и в отдаленные сроки через 6 и 12 мес. Эффективность предлагаемого способа, была подтверждена в НИИ НДХиТ клиническими результатами и данными контрольного ультразвукового исследования при лечении 65 пациентов с гигромой различной локализации.

Результаты: Результаты клинического использования способа показали, что эндокавитальная лазерная фототермодеструкция гигромы обеспечивает достижение хорошего клинического и эстетического радикального результата лечения. При этом процент рецидива не превышает 3 % и только при нарушении режима после проведенной манипуляции. При сравнительном анализе было отмечено, что за последние 5 лет процент рецидива у больных, пролеченных только при помощи пункции гигром, составил 30 %.

Заключение: Данный способ показал себя эффективным в лечении гигром у детей и может быть широко применен в стационарных и амбулаторных условиях.

## ПЕРВЫЙ ОПЫТ ЛЕЧЕНИЯ РУБЦОВЫХ СТЕНОЗОВ ПРИВРАТНИКА, ЛУКОВИЦЫ ДВЕНАДЦАТИПЕРСТНОЙ КИШКИ И ЖЕЛУДОЧНО-КИШЕЧНЫХ АНАСТОМОЗОВ С ПОМОЩЬЮ ЛАЗЕРНОЙ ТЕРАПИИ

В.Л. Шабаров, Е.С. Вакурова, С.Г. Терещенко, А.В. Шаповалов МОНИКИ им. М.Ф. Владимирского, Москва

<u>Цель:</u> Проблема лечения осложнённой язвенной болезни (ЯБ) остается крайне актуальной. Декомпенсированный рубцово-язвенный дуоденостеноз с крайней степенью депрессии моторно-эвакуаторной функции желудка встречается в среднем у 5–13,6 % больных. Вопрос о выборе хирургического лечения декомпенсированного сте-

ноза остается открытым. Операцией выбора является резекция желудка. Однако для пожилых людей с сопутствующими заболеваниями, алиментарной дистрофией оперативное вмешательство сопряжено с высокими операционно-анестезиологическими рисками. Поэтому поиск альтернативных нехирургических методов лечения является весьма актуальным.

Материал и методы: В МОНИКИ им. М.Ф. Владимирского с 2019 г. используется метод эндоскопического лазерного лечения луковицы 12перстной кишки. Способ лечения заключается в следующем: во время исследования в инструментальный канал эндоскопа вводится кварцевое волокно, по которому передаётся излучение от лазерного источника света в красном диапазоне с длиной волны 660 нм. Под визуальным контролем дистальный конец кварцевого волокна устанавливается в проекции рубцовых изменений слизистой оболочки. В течение 5-10 минут происходит облучение патологического участка с мощностью светового выходной потока 30-35 MB/см<sup>2</sup>. Далее врач-эндоскопист при помощи инъекторной иглы вводит в рубцовую ткань препарат лонгидаза в количестве 2,0 мл из 2-3 точек. Эндоскопические инъекции лонгидазы в сочетании с лазерным облучением усиливают микроциркуляцию в рубцовой ткани, повышают уровень метаболизма и усиливают деградацию коллагена в рубцовой ткани. После эндоскопического этапа лечения пациенту через кожный покров проводится сеанс лазерной терапии инфракрасным лазером с помощью физиотерапевтического аппарата фирмы "Лазмик" в течение 8-10 минут. Сочетанные сеансы эндоскопического лечения и лазерной терапии через кожу проводятся через день в количестве 12-15.

Результаты: С 2019 по 2024 гг. проведено лечение рубцового стеноза у 10 пациентов, из них у 7 больных с рубцовым стенозом 12-перстной кишки и 3 - с рубцовыми стенозами желудочнокишечного анастомоза. У 2 больных диагностирована декомпенсированная и у 5 больных субкомпенсированная стадия болезни. У 6 больных с рубцовыми стенозами 12-перстной кишки удалось перевести заболевание в компенсированную стадию. У 2 больных через 2 года выявлен рецидив заболевания, что потребовало проведения повторного курса эндоскопической лазерной терапии. У одной пациентки эффективность лечения не достигнута, выполнена резекция желудка по Бильрот-2. Сроки наблюдения за больными составили от 6 до 40 месяцев.

Заключение: Таким образом, у 3 больных с рубцовыми стенозами желудочно-кишечного анастомоза удалось на фоне проводимого эндоскопического лазерного лечения полностью восстановить проходимость пищевых масс из резецированного желудка. При рентгенологическом исследовании нарушения проходимости бариевой взвеси по желудочно-кишечного анастомозу не выявлены. Данные больные наблюдались в течении 4 лет. Рецидивов заболевания у данной категории больных не отмечалось. Характерных жалоб для данного заболевания больные не предъявляли.

### ФОТОДИНАМИЧЕСКАЯ ТЕРАПИЯ ПРИ ОСЛОЖНЁННОМ ТЕЧЕНИИ ЯЗВЕННОГО КОЛИТА

В.К. Шубин, С.Г. Терещенко, Е.С. Вакурова, Л.Г. Лапаева, Ю.И. Захаров, И.А. Козырин МОНИКИ им. М.Ф. Владимирского, Москва

<u>Цель:</u> Изучить эффективность дополнения фотодинамической терапией (ФДТ) традиционного лечения язвенного проктита культи прямой кишки у больных язвенным колитом (ЯК) перед восстановительной операцией.

Материал и методы: В исследование включили 20 пациентов от 25 до 85 лет, страдающих ЯК, поступивших в отделение абдоминальной хирургии для проведения реконструктивной операции после колэктомии. Длительность заболевания была от 1 до 7 лет. При эндоскопическом осмотре культи прямой кишки были выявлены признаки язвенного проктита низкой и средней степени активности. Пациентов разделили на две группы, сопоставимые по исходным клиническим, лабораторным показателям и данным инструментального исследования. В контрольной группе (10 человек) применялось только местное лечение - свечи с сульфасалазином  $500 \ \mathrm{MF} \times 1 \ \mathrm{p}$  в месяц. В основной группе ( $10 \ \mathrm{чело-}$ век) схему лечения дополнили одним сеансом ФДТ. В качестве фотосенсибилизатора использовался препарат хлорина Е6 димеглюмин - фотодитазин ("Вета Гранд", Россия) в дозе 1 мг/кг в 200 мл физиологического раствора внутривенно. Для оценки накопления препарата применялся метод флуоресцентной спектроскопии на лазерном эндоскопическом спектроанализаторе ЛЭСА-01. Исследование проводили до введения препарата, сразу после введения, затем каждые 30 минут до достижения плато максимальной концентрации. Показатели флуоресценции снимали со слизистой оболочки (СО) полости рта, илеостомы, культи прямой кишки. После достижения плато максимальной концентрации проводился сеанс ФДТ (плотность энергии 150 Дж/см², мощность лазера на выходе 2 Вт, длина волны 662 нм). Сеанс длился 20–40 минут в зависимости от длины культи прямой кишки. До введения фотосенсибилизатора и спустя месяц после всем пациентам проводили ректоскопию с биопсией. Степень тяжести язвенного проктита оценивалась по эндоскопическим (Меуо, UCEIS) и гистологической (Geboes) шкалам, отражающим выраженность воспаления.

Результаты: У всех пациентов максимальное накопление препарата в СО прямой кишки отмечено через 1,5-2 часа после введения. После сеанса ФДТ отмечено резкое снижение концентрации фотодитазина в ткани, что свидетельствует о прошедшей фотохимической реакции. Отмечено, что накопление препарата в СО рта и СО илеостомы незначительно (p<0,05) по сравнению с накоплением в прямой кишке. По 4-балльной эндоскопической шкале Меуо у 8 пациентов отмечено улучшение на 1 балл, у 2 на 2 балла. По 8-балльной эндоскопической шкале UCEIS у 4 пациентов отмечено улучшение на 2 балла, у 4 – на 3, и у 2 на 4 балла. По гистологической шкале Geboes значимое улучшение достигнуто у 8 пациентов из 10. В контрольной группе, где пациентам назначалась классическая местная терапия, разница до и после лечения по соответствующим шкалам оказалась статистически не значима: у 2 человек отмечено минимальное улучшение, у остальных 8 – без эффекта.

Заключение: Проведенное исследование показало эффективность ФДТ в комплексном лечении язвенного проктита культи прямой кишки у больных ЯК перед проведением реконструктивной операции.

### КОРРИГИРУЮЩАЯ ОТО- И РИНОПЛАСТИКА С ПРИМЕНЕНИЕМ ЛОКАЛЬНОЙ ЛАЗАРНОЙ АБЛАЦИЕЙ И ТЕРМООБРАБОТКИ КОСТО-ХРЯЩЕВЫХ СТРУТУР

В.А. Юдин, В.В. Иванов, Н.С. Костина, С.О. Артюхин Областная клиническая больница, Рязань

<u>Цель:</u> Выполнение пластических операций на структурах наружного уха и носа, представляет собой далеко не простую задачу и сопровождается сравнительно большим количе-

ством неудовлетворённых пациентов по конечному результату исправления формы этих структур лица. В связи с этим любое применяемое вспомогательное действие или методика способствует нивелированию неблагоприятных исходов пластической операции. Предлагаемая технология подразумевает достижения положительного решения в лечении "трудных" пациентов этой группы.

Материал и методы: В отделении пластической и реконструктивной хирургии было проведено оперативное лечение 11 больных с аномалиями строения ушной раковины (5) и деформацией наружных структур носа (6). Из них было 8 женщин и двое мужчин. В качестве источника лазерного излучения использовался инфракрасный двухволновый лазерный аппарат Fiberlaser S, с передачей излучения через кварцевый световод с торцевой сферой с мощностью на выходе от 3 до 5 Вт, режим импульсный.

Лазерная обработка костно-хрящевых структур производилась в соответствии с техникой безопасностью как для пациента, так и персонала. Кроме того, с целью снижения термического повреждения тканей зона лазерного облучения перекрывалась потоком газа СО<sub>2</sub>. Это обеспечивало отсутствие обугливания тканей и снижение температурного их разогрева. Зоны лазерной корректировки выбирались в зависимости от подготовленности операционного поля в ходе проведения основного оперативного пособия. В случае проведения коррекции лопоухости, разогрев хряша в зоне противозавитка выполнялся последовательным прогревом хряща, до появления хондрорегрессии матрикса хряща. После чего накладывали корригирующие швы, укрепляющие соотношение сформированных лоскутов. При выполнении ринопластических операций лазерная аблация выполнялась с целью шлифовки поверхностей костных сколов и зон хондротомии для устранения избыточной конгруэнтности.

<u>Результаты:</u> У всех больных был достигнут оптимальный пластический эффект, с сопоставимостью симметрией относительно основных векторов направленности осевых линий лица. Косметический эффект в отдаленном периоде до года не вызвал отрицательных мотиваций со стороны пациентов на результат пластических операций.

Заключение: Следовательно, применение высокоэнергетического лазерного излучения, при выполнении пластических операций на структурах наружного уха и носа улучшает результаты оперативного лечении при аномалиях строений костно-хрящевых структур лица.

66 ПУЧЕВАЯ ТЕРАПИЯ

### ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СРЕДСТВ *IN VIVO* ДОЗИМЕТРИИ В КЛИНИЧЕСКОЙ ПРАКТИКЕ

И.М. Лебеденко

Национальный медицинский исследовательский центр онкологии им. Н.Н. Блохина Минздрава России, Москва

#### EXPERIENCE OF USING IN VIVO DOSIMETRY IN CLINICAL PRACTICE

I.M. Lebedenko

N.N. Blokhin National Medical Research Center of Oncology, Moscow, Russia

#### Реферат

**Цель:** Ознакомить медицинских физиков с опытом *in vivo* дозиметрии в практике лучевой терапии и экспериментальных работ в НМИЦ онкологии им. Н.Н. Блохина МЗ РФ.

**Материал и методы:** Описаны основные характеристики, принципы работы и опыт применения в практике лучевой терапии и экспериментальных работ полупроводниковых детекторов (ППД) и термолюминесцентных дозиметров (ТЛД).

**Результаты:** Показано, что применение термолюминесцентных дозиметров и полупроводниковых детекторов по-прежнему актуально при проведении поточечной относительной дозиметрии, а сами детекторы не могут быть заменены другими современными средствами детектирования при решении определенного круга задач.

**Ключевые слова:** лучевая терапия, *in vivo* дозиметрия, полупроводниковые детекторы, термолюминесцентная дозиметрия

### Abstract

**Purpose:** To familiarize medical physicists with the experience of *in vivo* dosimetry in the practice of radiation therapy and experimental work at the N.N. Blokhin National Medical Research Center of Oncology

**Materials and methods:** The main characteristics, operating principles and experience of using semiconductor detectors and thermoluminescent dosimeters in the practice of radiation therapy and experimental work are described.

**Results:** It was shown that thermoluminescent dosimeters and semiconductor detectors are still relevant when conducting point-by-point relative dosimetry and cannot be replaced by other modern detection means.

**Key words:** radiotherapy, *in vivo* dosimetry, semiconductor detectors, thermoluminescent dosimetry E-mail: imlebedenko@mail.ru

https://doi.org/10.52775/1810-200X-2024-102-2-66-80

Выступления медицинских физиков на одном из последних научно-образовательных конгрессов продемонстрировали возобновление интереса к in vivo дозиметрии. Чуть позже слушателями лекции "Опыт in vivo дози-

метрии в НМИЦ онкологии им. Н.Н. Блохина" на виртуальном региональном курсе по физике клинической лучевой терапии: передовые технологии 4–15 декабря 2023 г. был задан вопрос "А где все это опубликовано?". В связи с

этим мы решили поделиться своим опытом in vivo дозиметрии в клинической практике с использованием ТЛД и полупроводниковых детекторов (ППД) и опубликовать материалы одноименной лекции.

Предлагаемый материал носит методический характер и предназначен для медицинских физиков, желающих составить представление о поточечной іп vivo дозиметрии с использованием ТЛД и ППД.

#### Введение

#### Понятие поточечной дозиметрии

Современные средства контроля дозы в процессе лучевой терапии (ЛТ) получили серьезное развитие за последнее десятилетие. Это средства предтерапевтической верификации планов облучения с помощью специальных автономных матриц, средства получения изображений и оцифровки с помощью средств портальной визуализации в мегавольтном пучке в процессе проведения сеанса облучения и другие. Тем не менее, ни одно из средств не позволяет получить поточечную информацию о дозе в интересующей нас точке по входу пучка как в процессе проведения ЛТ, так и в процессе проведения экспериментальных работ. Поэтому использование термолюминесцентных дозиметров (ТЛД) и полупроводниковых детекторов (ППД) актуально в сегодняшних условиях, так как именно эти средства предоставляют эту информацию.

Целесообразно отметить, что использовать для целей *in vivo* дозиметрии ионизационные камеры не рекомендуется, так как это потенциально небезопасно для пациента. Вспоминаем, что напряжение, подаваемое на ИК, составляет от 200 до 1000 В для разных модификаций дозиметров. В отличие от ИК, на ППД подается нулевое напряжение, а ТЛД являются беспроводным средством детектирования.

<u>Цель:</u> Рассказать об опыте применения ТЛД и ППД в практике *in vivo* дозиметрии на пациентах при проведении ЛТ онкологических больных и экспериментальных работ в НМИЦ онкологии им. Н.Н. Блохина МЗ РФ.

### Основное назначение и принципы использования

В буквальном переводе с латинского "in vivo" означает "в (на) живом, то есть внутри живого организма" или "внутри клетки". В науке іп vivo означает проведение экспериментов на (или внутри) живой ткани при живом организме. Такое использование термина исключает использование части живого организма (тогда это уже in vitro) или использование мертвого организма. Тестирование на животных и клинические испытания являются формами исследования in vivo. Поэтому получение изображения с помощью устройства портальной визуализации (EPID) условно называть in vivo дозиметрией можно, несмотря на то, что детекторы на пациенте отсутствуют, а изображение получается при прохождении мегавольтного пучка через установленное под лежащим на терапевтическом столе ускорителя пациентом устройство портальной визуализации.

#### Зачем нужна іп vivo дозиметрия?

Дозиметрия *in vivo* применяется при проведении дистанционной и внутриполостной лучевой терапии для:

- ✓ обнаружения грубых ошибок;
- оценки клинически значимых (выходящих за пределы погрешностей измерений дозиметров) различий между запланированной и доставленной дозой;
- ✓ оптимизации лучевого лечения, улучшения равномерности дозы в опухоли и снижения дозовых нагрузок на критические органы (КО).

### Основные принципы использования ТЛД и ППД

- ✓ ТЛД и ППД являются средствами относительной дозиметрии.
- ✓ Не рекомендуется использовать ТЛД и ППД в качестве средства абсолютной дозиметрии.

Для сравнения ИК используется как средство абсолютной дозиметрии потому, что все поправочные коэффициенты определены и точно рассчитаны. Мы не располагаем такой точной подборкой поправочных коэффициентов для ТЛД и ППД. С этими устройствами физик работает с учетом предварительно оцененного диапазона систематических погрешностей и неопределенностей.

68 ПУЧЕВАЯ ТЕРАПИЯ

### Что мы измеряем при in vivo дозиметрии?

Существуют оппоненты проведению іп vivo дозиметрии на поверхности тела пациента. В первую очередь это связано с тем, что в этом случае измерения проводятся на границе раздела двух сред (воздух и биологическая ткань тела человека с отличающимися атомными номерами), в пределах которых имеет место быть деформация дозового распределения, которую никто не оценивал при in vivo дозиметрии. Тем не менее, измерения с помощью ППД и ТЛД на поверхности проводятся всегда в равновесных колпачках. Это означает, что условия электронного равновесия для детектирующего устройства соблюдены. Поэтому будем считать, что измеряемая доза – это доза по входу пучка, которая соответствует действительности в пределах предварительно оцененной погрешности.

### Развитие вопроса іп vivo дозиметрии

In vivo дозиметрия зарождалась в конце 70-х годов прошлого столетия. Первые измерения проводились с использованием специально разработанных гибких ионизационных камер в естественных полостях человека (рис. 1, 2).

Для *in vivo* дозиметрии использовали внутриполостные водозащитные тканеэквивалентные ИК в комплекте с дозиметром VAI 27012 (ГДР) с нанесенной на тело ИК шкалой (рис. 1, 2). Кроме этого для *in vivo* дозиметрии и других экспериментальных работ также применялись ТЛД (алюмофосфатные стекла) в ком-



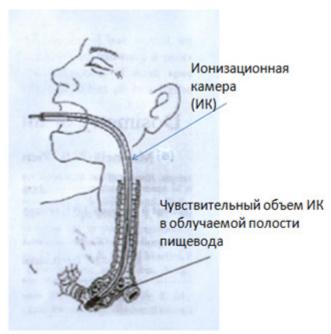


**Рис. 1.** Общий вид ИК для in vivo дозиметрии в упаковке (a) и чувствительный объем ИК (б) крупным планом

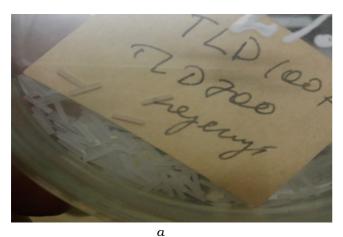
плекте с анализатором и печью для отжига АКС – А (Россия) и ТЛД-100 на основе стекол на основе лития, активированного фтором (LiF) (Россия) (рис. За). Также в нашем отделении применялись ППД на основе кремния в комплекте с шестиканальным дозиметром DPD-6 (Scanditronix, Швеция) (рис. 36).

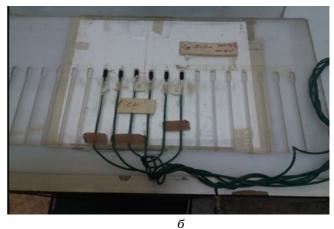
### Полупроводниковые детекторы

Первые исследования по применению ППД на основе кремния и изучению влияния ионизирующего излучения на их характеристики в лучевой терапии были проведены шведскими физиками. Эти исследования легли в основу сборника статей под названием "Silicon diodes as detectors in relative dosimetry of photon, electron and proton radiation fields", выпущенного G. Rikner в Uppsala University (Швеция) в 1983 г. [1]. В девяностые годы большой вклад в развитие in vivo дозиметрии в клинике вообще и при тотальном терапевтическом облучении (ТТО) в частности внесли французские исследователи E. Briot, A. Dutreix and A. Bridier, опубликовавшие свои исследования "Dosimetry for total body irradiation" в зеленом журнале ESTRO "Radiotherapy and oncology". Suppl. 1 (1990) [2].



**Рис. 2.**Гибкая ионизационная камера в естественной полости (пищевод) пациента





**Рис. 3.** а – стекла ТЛД-100 на основе лития, активированного фтором (LiF), в емкости для хранения; б – полупроводниковые детекторы, расположенные в специально изготовленном плексигласовом фантоме для проведения измерений радиационного поля и проверки расхождения осей светового и радиационного поля

Принцип работы ППД подробно описан в литературе [3, 4] и схематично проиллюстрирован на рис. 4. На грань полупроводникового кристалла одного типа наносят слой полупроводника другого типа. Переходный участок, разделяющий р- и п-области, называют р-п-переходом, который обеден свободными носителями и образует барьер при прохождении тока. Под воздействием облучения высвобождается заряженные частицы, образуется ток. Полный перечень факторов, влияющих на показания ППД, хорошо изучен, представлен в литературе [4-6] и включает в себя: зависимость чувствительности детекторов от температуры, накопленной дозы, энергетическую зависимость ("ход с жесткостью"), зависимость показаний ППД от направления падения пучка излучения на поверхность детектора и т.д. (рис. 5).

# n-тип p-n-переход p-тип е

Рис. 4. Принцип работы ППД

### Калибровка полупроводниковых детекторов

В общем случае завершенная процедура калибровки состоит из одного этапа, в процессе которого в результате сопоставления показаний ионизационной камеры (ИК) и ППД получают калибровочные факторы диода по входу и выходу пучка (рис. 6). На этом же этапе получают коэффициент чувствительности в результате сравнения показаний ППД и эталонной ионизационной камеры (значение поглощенной дозы) [3, 4].

Калибровочный фактор входной дозы определяется формулой (1)

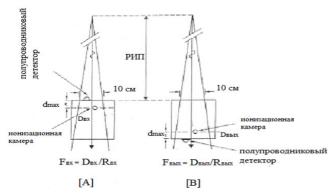
$$F_{\rm BX} = D_{\rm BX}/R_{\rm SC,BX},\tag{1}$$

где  $D_{\scriptscriptstyle \mathrm{BX}}$  – поглощенная доза ИК по входу пучка,  $R_{\scriptscriptstyle \mathrm{Sc,BX}}$  – сигнал по входу пучка детектора. Для определения  $F_{\scriptscriptstyle \mathrm{BX}}$  диод кладут на поверхность плоского фантома со стороны входа пучка



**Рис. 5.** Физические и геометрические факторы, влияющие на показания ППД

70 ПУЧЕВАЯ ТЕРАПИЯ



**Рис. 6.** Определение калибровочных факторов дозы на входе и выходе детектора  $F_{\rm ex}$  и  $F_{\rm вых}$  соответственно

(рис. 6А) и его отклик сравнивают со значением поглощенной дозы ИК, расположенной на глубине  $d_{\text{max}}$ . Считается, что для ППД, лежащего на поверхности фантома, соблюдены условия электронного равновесия, так как ППД уже находится в равновесном колпачке (предусмотрено технологией изготовления). Аналогичная процедура проводится для калибровочного фактора по выходу пучка (рис. 6В, формула (2)).

$$F_{\text{bux}} = D_{\text{bux}} / R_{\text{sc,bux}}, \tag{2}$$

Реальный сигнал по входу или выходу пучка детектора уже на пациенте при *in vivo* дозиметрии умножается на этот калибровочный фактор.

### Факторы, влияющие на показания ППД

Характеристики принятых к эксплуатации в отделении ППД должны быть получены физиками до начала применения в клинике. Основные типовые собственные зависимости и характеристики ППД приведены на рис. 7. Это: ответ ППД как функция дозы; зависимость чувствительности ППД от дозы предварительного облучения; относительная чувствительность ППД от дозы за импульс; ответ ППД на изменение температуры от 20°C (температура воздуха) до 32°C (температура кожи человека); зависимость температуры диода от времени установки на тело человека; относительная чувствительность ППД как функция энергии фотонного излучения; зависимость отклика ППД от угла падения пучка для различных энергий фотонного излучения [5-9].

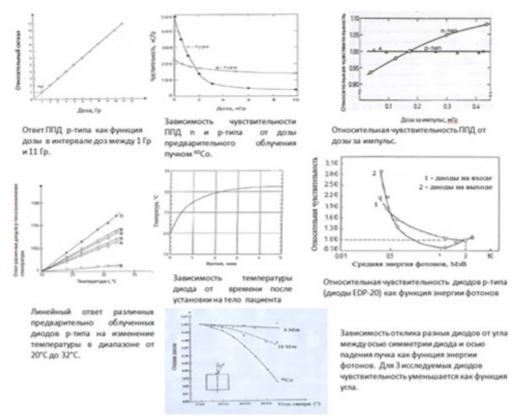


Рис. 7. Основные типовые собственные характеристики и зависимости ППД

Сведения, необходимые для оценки погрешности измерений с помощью ППД, получают путем сопоставления показаний эталонной ионизационной камеры (ИК) и ППД для одних и тех же характеристик. Это зависимости показаний ИК и ППД от размера поля, РИПа и угла падения пучка. Погрешность измерений рассчитывается как корень квадратный из суммы квадратов отклонений ППД от показаний ИК для этих зависимостей. Окончательное значение поглощенной ППД дозы в Гр, например, по входу пучка детектора уже на пациенте при in vivo дозиметрии получают путем умножения значения накопленного ППД во время сеанса облучения заряда в нКл на калибровочный фактор по входу пучка  $F_{\text{вх}}$  в Гр/нКл.

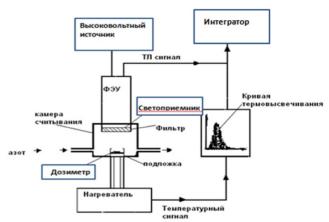
$$D_{\text{ппд}}$$
 [Гр] = п/п [нКл] ×  $F_{\text{вх}}$  [Гр/нКл]. (3)

### Термолюминесцентные дозиметры

В названии ТЛД уже декларирован способ считывания показаний детекторов под воздействием нагревания. В настоящее время кроме ТЛД активно применяются (в практике аудитов МАГАТЭ, например) ОСЛД – оптически стимулированные люминесцентные дозиметры, в которых считывание показаний осуществляется под воздействием лазера и характеристики которых достаточно изучены, а также другие виды беспроводных дозиметров.

Принцип работы ТЛД базируется на способности кристаллов, имеющих дефекты, улавливать и запасать информацию об энергии ионизирующего излучения, которая высвобождается при последующем нагреве в виде испускания электромагнитного излучения, в основном, в видимой области спектра. Испускаемый свет улавливается с помощью фотоумножителя (ФЭУ), его интенсивность пропорциональна дозе, поглощенной в материале ТЛД [10, 11]. Типичная блок-схема анализатора приведена на рис. 8. При облучении ТЛД образуются свободные электроны и дырки (electrons, hole) (рис. 9). И те и другие могут свободно перемещаться в зоне проводимости (conduction band) в течение короткого времени. В конце концов, они могут быть захвачены дефектами кристалла, или переходить в валентную зону (valence band) и рекомбинировать с дырками с испусканием или без испускания света (рис. 9).

Информацию о накопленной энергии можно получить путем нагревания кристалла до определенной температуры, зависящей от



**Рис. 8.** Типичная блок-схема работы анализатора сигнала ТЛД

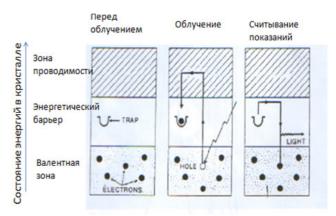
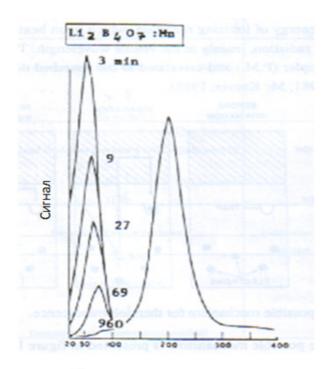


Рис. 9. Иллюстрация принципа работы ТЛД

его природы. Энергия нагревания используется для извлечения электронов из ловушек в зону проводимости, где они могут свободно перемещаться пока не провзаимодействуют между собой одним из трех возможных способов. ТЛ сигнал, как функция температуры или времени нагревания, если этот параметр пропорционален температуре, зависит от природы кристалла и называется кривой термовысвечивания (термолюминесценции). Кривые термовысвечивания ТЛД на основе Li (Li, B, O,), активированного марганцем Мп, приведены на рис. 10. Характеристика содержит различные пики, каждый пик соответствует различному энергетическому состоянию в кристалле. Пики могут быть нестабильными (слева рис. 10), затухающими со временем, в зависимости от материала ТЛД, или стабильными (справа рис. 10), которые являются основным источником информации о накопленном заряде ТЛД.

72 ПУЧЕВАЯ ТЕРАПИЯ



Температура высвечивания

**Рис. 10.** Кривые термовысвечивания ТЛД на основе Li ( $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$ ), активированного марганцем Mn. Справа стабильный пик

# Идентификация дозиметров. Получение индивидуальных коэффициентов

Собственная точность ТЛД - это воспроизводимость показаний данного ТЛ материала в результате облучения исходной партии (например из 200 ТЛД) 5-7 раз в одинаковых условиях, связанная с данной считывающей системой. Она сильно зависит от качества используемого материала, характеристик считывателя, пути предварительного и полного нагревания, чистоты азота в считывающей камере и т.д. Стандартное отклонение показаний ТЛД от среднего должно составлять ±2 % или меньше. ТЛ детекторы, имеющие стандартное отклонение индивидуальных коэффициентов от среднего значения по партии за все 5-7 раз измерений больше, чем ±2 %, выбывают из партии. Отобранная партия ТЛД составляет рабочую группу.

Индивидуальный коэффициент чувствительности является безразмерной величиной и рассчитывается в виде индивидуального коэффициента  $S_i$ :

$$S_i = R_i / R' \tag{4}$$

где  $R_i$  – показания i-го дозиметра, а R' – усредненное показание за 5–7 измерений для данного дозиметра. Полученный коэффициент показывает отклонение отклика каждого дозиметра относительно среднего значения.

# Калибровка термолюминесцентных дозиметров. Индивидуальные коэффициенты чувствительности

Методы калибровки ТЛД для *in vivo* дозиметрии в терапевтическом пучке фотонного излучения основаны на сопоставлении данных рабочей группы ТЛД с данными референсной ионизационной камеры ИК. Измерения проводятся для ТЛД и ИК в твердом фантоме в одной и той же геометрии и условиях. Итоговое значение показаний ТЛД при проведении измерений в единицах поглощенной дозы находится путем умножения полученных показаний ТЛД [нКл] на индивидуальный коэффициент  $S_i$  [безразмерная величина] и коэффициент чувствительности  $K_i$  [СГр/нКл].

$$D[c\Gamma p] = \pi/\pi [HKл] \times S_i \times K_i [c\Gamma p/HKл].$$
 (5)

Процедура получения индивидуальных коэффициентов и коэффициентов чувствительности ТЛД описана в [12–15].

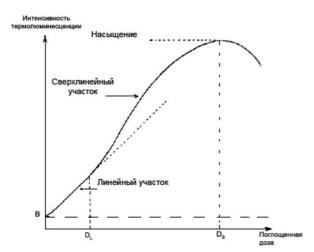
#### Факторы, влияющие на показания ТЛД

Отмечено влияние накопленной дозы на чувствительность ТЛ дозиметра. Выраженная энергетическая зависимость полностью компенсируется калибровкой партии и получением индивидуальных коэффициентов для каждого качества пучка. Отсутствует влияние на показания ТЛД мощности дозы, не выражена зависимость показаний ТЛД от изменений температуры и направления падающего пучка. Измерения необходимо проводить в пределах линейного участка предварительно полученной характеристики интенсивности термовысвечивания и стараться не попадать в зону сверхлинейности и насыщения (рис. 11).

# Примеры использования ППД и ТЛД в клинической практике и экспериментальных работах

ППД и ТЛД применялись:

✓ при снятии дозовых профилей и глубинных распределений дозы (ТЛД);



**Рис. 11.** Зависимость интенсивности термовысвечивания в зависимости от поглощенной дозы

- ✓ при отработке новых методик облучения и при мантиевидном облучении (ТЛД);
- ✓ для оценки воспроизводимости дозы при проведении ЛТ молочной железы (МЖ), опухолей в области головы шеи и других (ТЛД, ППД);
- для оценки дозы при проведении ЛТ под поглотителями (клинья, блоки) во время сеанса облучения (ТЛД, ППД);
- ✓ для оценки дозы при проведении ЛТ под болюсами во время сеанса облучения (ТЛД, ППД);
- ✓ при исследовании свойств фиксирующих подголовников на заре развития первых фиксирующих устройств в отделении (ТЛД, ППД);
- ✓ при исследовании поверхностных доз от внешних металлических конструкций (аппарат Илизарова) при проведении ЛТ (ППД);
- ✓ при отработке методики тотального терапевтического облучения [10, 11];
- ✓ при *in vivo* дозиметрии на каждом взрослом пациенте при использовании методики тотального терапевтического облучения (ТТО) (ППД) [10, 11];
- ✓ в зонах наложения полей при облучении МЖ + шейно-надключичная зона на гаммааппаратах и ускорителях электронов (ТЛД, ППД);
- ✓ для оценки воспроизводимости дозы при внутриполостном облучении в естественных полостях человека (ТЛД);
- ✓ в экспериментальных работах (ТЛД).

Приведем некоторые примеры проведения  $in\ vivo\$ дозиметрии с использованием ППД и ТЛД.

## Пример 1

<u>Цель:</u> Подготовка одной и той же партии ТЛД для использования в пучках трех качеств.

Проведена комплексная калибровка ТЛД дозиметров на основе LiF для пучков трех качеств фотонного излучения с номинальной энергией 6 МэВ и гамма-квантов <sup>60</sup>Со с энергией 1,25 МэВ и  $^{192}$ Іг с энергией 0,38 МэВ. Из исходной партии ТЛД из 175 штук детекторов при калибровке в фотонном пучке 6 МэВ были отобраны 12 детекторов воспроизводимостью показаний не хуже 2 % по группе. Отобранная партия была откалибрована в фотонном пучке 1,25 МэВ и в пучке с энергией 0,38 МэВ. Методика калибровки ТЛД в пучках дистанционных аппаратов известна и использовалась в стандартном варианте [13]. Методика калибровки ТЛД для аппарата внутритканевой терапии разрабатывалась "с нуля" и описана в [13].

Получены энергетическая зависимость коэффициента чувствительности ТЛД и зависимость индивидуальных коэффициентов ТЛД от средней энергии излучения для разных качеств пучков. Результаты свидетельствуют об отсутствии зависимости величин индивидуальных коэффициентов ТЛД от энергии излучения в указанном диапазоне качеств пучков излучения и о наличии энергетической зависимости коэффициентов чувствительности ТЛД в диапазоне эффективных энергий от 0,38 до 1,0 МэВ. Сделано заключение о возможности применения одной и той рабочей партии ТЛД для пучков различных качеств после проведения калибровочных процедур.

#### Пример 2

<u>Цель:</u> Сравнение результатов воспроизводимости укладок пациентов раком молочной железы без использования фиксирующих устройств (1997 г.) и с фиксирующими устройствами POSIBOARD-2 (2010 г.).

Облучение молочной железы осуществлялось тангенциальными полями. Измерения проведены с использованием ППД (1997 г.) и ТЛД (2010 г.). ППД и ТЛД в 70–90-е годы активно использовались в качестве источника информации о поверхностных дозах, особенно в тех зонах, которые невозможно было визуализировать при планировании облучения. Как прави-

74 ПУЧЕВАЯ ТЕРАПИЯ

| Tal  | блица 1 |
|--|---------|
| Результаты оценки воспроизводимости укладок пациентов раком МЖ |         |
| без фиксирующих и с фиксирующим устройством                    |         |

| Зона измерения (место<br>установки ТЛД и ППД) | Максимальная разница по дозе от     | Максимальная разница по дозе от измерения к измерению, отн. ед. |  |  |
|---|-------------------------------------|---|--|--|
| Год   | 1997 (10 измерений при 10 укладках) | 2010 (9 измерений при 9 укладках)                               |  |  |
| Центр поля, шн.                               | 30±4                                | 30±4 10±2   |  |  |
| Стыковка полей                                | 90±7                                | 20±3  |  |  |

ло, это были стыковки и зоны возможного наложения полей. Очевидно, что при идеальной и воспроизводимой укладке разница в показаниях одних и тех же детекторов, установленных в одних и тех же местах, которые, как правило отмечаются красящим составом на теле пациента, должна стремиться к нулевому значению. При отсутствии воспроизводимости укладок разница показаний детекторов тем больше, чем грубее укладки. Наибольшая разница в показаниях достигается, в том числе, при отсутствии фиксирующих устройств (ФУ), как это показано на следующем примере облучении рака молочной железы при отсутствии (1997 г.) ФУ. Показано (табл. 1), что в 3 раза лучшая воспроизводимость укладок достигается с фиксирующим устройством в области центра поля облучения шейно-надключичной зоны и более чем в 4 раза лучшая воспроизводимость укладок - в области стыковки полей (шейнонадключичной зоны + МЖ). Фиксирующие устройства для молочной железы появились в отделении в 2009 г. Полученные результаты количественно подтвердили необходимость применения ФУ при проведении ЛТ.

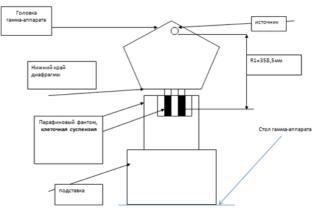
#### Пример 3

<u>Цель:</u> Оценка дозы облучения клеточной суспензии для разработки опухолевой вакцины. Измерения проведены с использованием ТЛД.

"Методика создания гибридомной противоопухолевой вакцины на основе дендритных клеток, слитых с опухолевыми клетками", описана в 2006 г. в одноименной статье в журнале "Российский биотерапевтеческий журнал", 2006, № 4, с. 21–29. Использование противоопухолевых вакцин на основе гибридных клеток (дендритом) является одним из перспективных методов иммунотерапии злокачественных новообразований. Целью авторов статьи являлся подбор условий слияния дендритных и

опухолевых клеток на модельной системе: дендритные клетки, полученные из моноцитов периферической крови здорового донора, слитые с клетками опухолевой линии клеток меланомы кожи mel Kor [16]. Исследование влияния дозы и момента облучения на выживаемость гибридных клеток показало, что ионизирующая радиация в дозах 50 или 100 Гр не влияет на эффективность слияния дендритных и опухолевых клеток, и поэтому оптимально проводить облучение опухолевых клеток до слияния. То есть, наш эксперимент по облучению клеточной суспензии являлся одним из этапов технологического процесса получения противоопухолевой вакцины.

Измеряли поглощенную дозу на уровне расположения клеточной суспензии меланомы кожи человека на определенном уровне на гамма-терапевтическом аппарате для возможности ее дальнейшего использования при разработке противоопухолевой вакцины (рис. 12). Облучение проводилось на гамма-терапевтическом аппарате клиники животных в два этапа. На первом этапе на контрольном расстоянии R1 (уровень расположения клеточной сус-



**Puc. 12.** Схема установки для облучения клеточной суспензии меланомы кожи

пензии) проведены измерения и получено значение величины поглощенной дозы в тканеэквивалентном фантоме с использованием эталонной ИК. Рассчитано время облучения заданной дозой. На втором этапе на том же контрольном уровне R1 проведено облучение пробирок с клеточной суспензией, помещенных в тканеэквивалентную среду (рис. 12) для заполнения пустот между пробирками. Вместе с рисом в облучаемую среду на дне фантома помещались ТЛД в равновесных колпачках. Облучение осуществлялось дозой 2 Гр в пределах линейного участка кривой интенсивности термолюминесценции. Далее пучок временно прерывался, ТЛД извлекались из фантома, и суспензия продолжала облучаться в течение времени, рассчитанного по показаниям эталонной ИК. Накопленная ТЛД доза считывалась на анализаторе дозы. Суммарная доза облучения ТЛД рассчитывалась путем умножения накопленной дозы на количество включений пучка. Используемое оборудование включало дозиметр в комплекте с ИК, 10 откалиброванных в пучке 60Со ТЛД в равновесных колпачках с известными индивидуальными коэффициентами и коэффициентами чувствительности и разбросом 2 %. Размер поля на диафрагме 22×22 см. Величина поглощенной дозы ТЛД на уровне расположения образцов клеточной суспензии составила  $D_{cp}$ =154,5 Гр. Показания эталонной ионизационной камеры на том же уровне составили D=159,6 Гр, что являлось сопоставимыми величинами в пределах 3 %.

## Пример 4

<u>Цель:</u> Отработка методики тотального терапевтического облучения (ТТО). Финальная дозиметрическая проверка ТТО с использованием ТЛД на фантоме тела человека Alderson Rando.

В 2007 г. в НМИЦ онкологии им. Н.Н. Блохина МЗ РФ была разработана действующая по настоящее время методика тотального терапевтического облучения. Некоторые позиции медико-технического задания на разработку способа общего облучения тела пациента включают следующие утверждения. Общему облучению подлежат гематологические больные перед пересадкой костного мозга с целью иммуносупрессии и для подавления химиорезистентного оставшегося пула опухолевых клеток. Больной должен быть в состоянии ремиссии, максимальный размер поля соответствует росту человека (от макушки до окончания ног), все тело человека должно быть помещено в поле облучения. Одномоментное облучение всего тела пациента осуществляется в пучке фотонного излучения с номинальной энергией 6 МэВ и низкой мощностью дозы 0,05-0,1 Гр/мин на расстоянии 550 см.

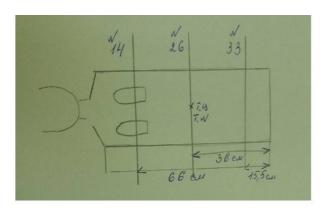
Для разработки методики ТТО потребовалась целая серия фантомных измерений. Подготовка измерений в фантомах, в том числе, включала калибровку 175 термолюминесцентных дозиметров на основе LiF без активаторов, в результате которой была отобрана рабочая партия из 50 ТЛД, а также подготовку антропоморфного человекоподобного фантома Alderson Rando (рис. 13а). Фантом удобен тем, что содержит ос-

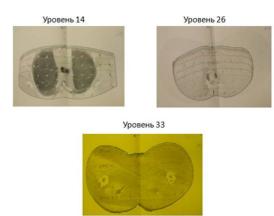




**Рис. 13.** а – антропоморфный человекоподобный фантом Alderson Rando с контрольными пластинами № 14,26,33, в которые были уложены ТЛД: б – контрольные пластины фантома, в которых предусмотрены специальные технологические отверстия для размещения в них ТЛД и в которые укладываются ТЛД в равновесных колпачках

76 ПУЧЕВАЯ ТЕРАПИЯ



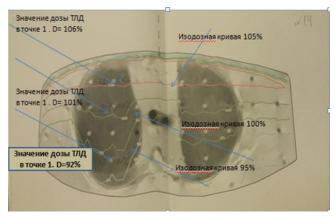


**Рис. 14.** Архивные материалы. Схематическое расположение (а) и поперечные (распечатанные на бумаге) KT изображения уровней фантома M 14, 26 и 33 (б)

новные гетерогенные структуры (кости, легкие) и может разъединяться на пластины, в которых предусмотрены специальные места размещения в них ТЛД (рис. 13б). Финальная дозиметрическая проверка методики ТТО с использованием ТЛД включала предварительное послойное сканирование фантома Alderson Rando на рентгеновском КТ на контрольных уровнях (уровни 14, 26, 33), расчет дозы в точках размещения ТЛД на этих уровнях, облучение фантома и сопоставление рассчитанных и измеренных данных (рис. 14). На рис. 14 представлена схема расположения (а) и поперечные распечатанные бумаге КТ-изображения контрольных уровней фантома № 14, 26 и 33 (б), в пределах которых произведены сравнения рассчитанных и измеренных данных.

Необходимо отметить, что для условий ТТО, то есть расстояния 550 см, осуществлялась независимая оценка коэффициентов чувствительности ТЛД. Это связано с тем, что на таких расстояниях существенным оказывается вклад в накопленную дозу рассеянного излучения. Коэффициенты чувствительности ТЛД, облученных в условиях ТТО, отличались от таковых при стандартных условиях облучения (на уровне изоцентра 100 см) в пределах в среднем на 20 %. С учетом этих коэффициентов были рассчитаны показания ТЛД, облученных в фантоме на расстоянии 550 см.

На рис. 15 в качестве примера представлено поперечное (распечатанное на бумаге) изображение фантома на уровне № 14. Обозначены измеренные значения доз ТЛД по отношению к очаговой дозе (слева). Справа на рисунке обозначены изодозы, которые проходят через точки позиционирования ТЛД. Расхожде-



**Рис. 15.** Архивные материалы. Поперечное (распечатанное на бумаге) изображение фантома на уровне № 14. Обозначены измеренные значения доз ТЛД по отношению к очаговой дозе (слева). Справа на рисунке обозначены изодозы, которые проходят через точки позиционирования ТЛД. Совпадение составило 2–3 %

ние измеренных данных с рассчитанными на СП составило 2–3 %. Таким образом, окончательная цель подтверждения правильности работы методики ТТО была достигнута. Это позволяло приступить к тотальному терапевтическому облучению непосредственно пациентов.

## Пример 5

<u>Цель:</u> Оценка дозовой нагрузки на кардиостимулятор при облучении околоушной железы (ППД).

Протокол *in viv*о дозиметрии больного Л., 84 лет (2001 г.). Околоушная железа. Оценить дозовую нагрузку на кардиостимулятор. Условия облучения: ускоритель электронов СЛ75-5МТ  $N_2$  117025. РИП=98 см.  $D_{ou}$ =2 Гр.

|             | • •   | •                  | , ,               |
|-------------|---|--------------------|-------------------|
| № детектора | Месторасположение   | Показания ППД, сГр | % к очаговой дозе |
| 1           | Центр поля 2  | 129,1              | 64,5 %            |
| 2           | Центр поля 3  | 140,8              | 70,4 %            |
| 4           | Полутень. 1 см от видимой границы поля.                             | 19,0               | 9,5 %             |
| 3           | Кардиостимулятор. Полутень.<br>Более 20 см от видимой границы поля. | 2,38               | 1,1%              |
| 5           | Кардиостимулятор. Полутень.<br>Более 20 см от видимой границы поля. | 2,39               | 1,1%              |

Таблица 2 Абсолютные и относительные значения доз, полученные с использованием ППД

СОД=50 Гр. Облучение тремя тангенциальными копланарными полями  $S_1$ =6×12 см² с клином,  $S_2$ =6×12 см²,  $S_3$ =6×12см² с клином. Измерения проведены с использованием электрометра-дозиметра DPD-6 в комплекте с полупроводниковыми детекторами типа EDD-2 (Scandtronix). Детекторы откалиброваны по ионизационной камере типа PPC05 № 214 (Scandtronix/Wellhofer) объемом 0,05 см³ в условиях геометрии прямого пучка. Суммарная погрешность измерения составляет  $\pm 5$  %. Детекторы устанавливались на поверхности тела больного в соответствии с табл. 2.

Кардиостимулятор располагался в непосредственной близости от поверхности кожи и его провода прощупывались пальпаторно. Измерения показали, что дозовая нагрузка на кардиостимулятор, расположенный на расстоянии более чем в 20 см от видимой границы поля вне прямого пучка, составляет 1,1 % от очаговой дозы, что подтверждается показаниями двух детекторов, установленных на нем на коже. Это означает, что за 25 фракций облучения на коже в области кардиостимулятора кумулятивная доза составит 0,59 Гр. Мы не располагали данными о радиационно-технических характеристиках вшитого данному больному кардиостимулятора. Но из литературы было известно, что при работе устройства в прямом пучке ионизирующего излучения обеспечивается бесперебойная его работа при дозе до нескольких Гр. Таким образом, измеренное значение дозы оказалось в несколько раз меньше верхнего порога сбоя устройства, а лучевая терапия была успешно реализована.

## Пример 6

<u>Цель:</u> Провести *in vivo* дозиметрию при ТТО с использованием ППД.

Тотальное терапевтическое облучение – небезопасная процедура. *In vivo* дозиметрия при ТТО настоятельно рекомендована [2] как средство перманентного контроля за работой пучка, проверки воспроизводимости положения пациента, оценки неравномерности распределения дозы вдоль тела пациента при одномоментном облучении, которая должна составлять 10–15 %, а также оценки нестабильности мощности дозы пучка при проведении ТТО. В литературе показано, что соблюдение пределов неравномерности снижает вероятность возникновения рецидивов у больных.

Контроль доз при ТТО осуществлялся с помощью ППД в комплекте с шестиканальным дозиметром DPD 6 (Scanditronix, Швеция). В качестве эталона использовалась ИК (рис. 16). Проведено облучение и *in vivo* контроль при облучении более чем 45 взрослых пациентов с лимфобластным лейкозом.

Для оценки неравномерности распределения дозы ППД закреплялись на поверхности тела пациента, как показано на рис. 17, с помощью медицинского пластыря. ППД, как правило, устанавливались на голове, щитовидной железе, под блоками на легкие, в паху, на нижних конечностях. Также для контроля дозы могли быть выбраны любые другие точки тела пациента. На рис. 18 приведен график распределения относительной (по отношению к очаговой дозе) средней за шесть фракций поглощенной дозы пациента К., полученной с помощью шести ППД.

Необходимо отметить, что неравномерность распределения дозы для данного пациента К. не во всех точках измерения укладывается в заданный диапазон 10--15 %, а в некоторых точках (№ 1,2,6) выходит за обозначенный интервал. В рассмотрение не берется показание детектора № 3, который располагается под блоком, где доза не должна превышать 60 %. Более равномерным оказалось относительное распре-

78 ПУЧЕВАЯ ТЕРАПИЯ





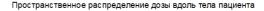
**Рис. 16.** Электрометр с ИК (вверху) (а) и шестиканальный дозиметр DPD6 (внизу) (а) в комплекте с ППД . Полупроводниковые детекторы (б)



**Рис. 17.** ППД, закрепленный на коже головы пациента при TTO

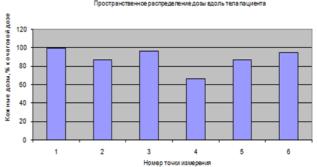
деление средней за 6 фракций дозы вдоль тела пациента Е. (рис. 19). Максимальное значение неравномерности относительного распределения дозы составило около 10–13~% (детекторы №~2,5). В рассмотрение не берется показание детектора №~4, который располагается под блоком, где доза не должна превышать 60~%.

Интересной оказалась зависимость накопленной дозы при *in vivo* дозиметрии от массы тела пациентов, построенная на основании дозиметрических данных для группы из 36 пациентов (рис. 20), которая носит плавно возрастающий характер. Можно предположить, что рост показаний ППД при увеличении массы тела пациента скорее всего связан с возрастанием вклада рассеянного излучения в общую дозу.

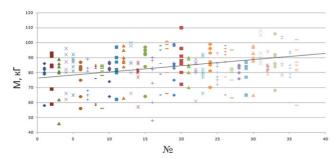




**Рис. 18.** Больной К. Распределение относительной (по отношению к очаговой дозе) средней за 6 фракций поглощенной дозы пациента полученной с помощью шести ППД. Места установки ППД (по горизонтали): 1 – макушка, 2 – локоть, 3 – легкие под блоком, 4 – пупок, 5 – пах, 6 – ступни ног



**Рис. 19.** Больной Е. Распределение относительной (по отношению к очаговой дозе) средней за 6 фракций поглощенной дозы пациента, полученной с помощью ППД. Места установки ППД (по горизонтали): 1 – голова, 2 – гортань, 3 – плечо, 4 – легкие под блоком, 5 – пупок, 6 – ступни ног



**Рис. 20.** Зависимость накопленной дозы ППД от массы тела при in vivo дозиметрии для группы из 36 пациентов. По горизонтали – номер пациента. Для каждого пациента по вертикали отмечены средние за 6 фракций результаты in vivo дозиметрии ППД и ИК

#### Заключение

Ни одно из существующих дозиметрических средств, кроме ТЛД и ППД, не позволяет получить поточечную информацию о дозе по входу пучка как в процессе проведения экспериментальных работ, так и при *in vivo* дозиметрии в процессе проведения ЛТ. Использование термолюминесцентных дозиметров и полупроводниковых детекторов по-прежнему актуально в сегодняшних условиях.

ППД и ТЛД являются средствами относительной дозиметрии; ППД и ТЛД позволяют выявить грубые ошибки; ППД и ТЛД позволяют оценить клинически значимые (выходящих за пределы погрешностей измерений дозиметров) различия между запланированной и доставленной дозой. То есть, тем самым оптимизировать дозовое распределение и повысить качество лучевой терапии онкологических больных.

#### Список литературы

- Rikner G. Silicon diodes as detectors in relative dosimetry of photon, electron and proton radiation fields. Uppsala University. 1983. ISSN 0346-5462.
- Briot E, Dutreix A, Bridier A .Dosimetry for total body irradiation. ESTRO Radiotherapy and oncology. ESTRO. 1990; Suppl. 1: 16-29. https://doi.org/10.1016/0167-8140(90) 90175-v.
- 3. Van Dam J, Marinello G. Methods for in vivo dosimetry in external radiotherapy. ESTRO booklet № 1. 1994; Brussel (Belgium): 12-35. https://doi.org/10.4236/wjnst.2012.21002.

- 4. Huyskens D, Bogaerts R. Practical Guidelines for the Implementation of in Vivo Dosimetry with Diodes in External Radiotherapy with Photon Beams (Entrance Dose). ESTRO booklet № 5. 2001; Brussel (Belgium): 4-12. https://doi.org/10.1016/s0167-8140(01) 80842-2.
- 5. Osvay M, Tarczy K. Measurments of dose rates by n- and p-type semiconductor detectors. Phys. Stat. Sol. 1975; 27: 285. https://doi.org/10.1002/PSSA.2210270134.
- 6. Wright AE, Gager LD. Silicon detectors used in radiological physics measurments. Part 2. Measurments of dosimetry data for high energy photons. Med. Phys. 1977; 4: 499. https://doi.org/10.1118/1.594349.
- 7. Jung B, Rikner G, Sjogren O. On the production and monitoring of broad, homogenous radiation fields of high energy protons. With special reference tp the spatial and temporal dose distribution. Scientific report. Upsalla Univesity. 1971.
- 8. Jacob G, Forcinal G, Meuleman J. A tissue equivalent semiconductor detector for in-vivo dosimetry. Nucl. Instr. and Methods. 1972; 101: 51. https://doi.org/10.1016/0029-554X (72)90755-0.
- 9. Trump MA, Pinkerton AP. Application of p-n junction diodes to the measurement of dose distributions of high energy radiation. Phys. Med. Biol. 1967; 4: 573. https://doi.org/10.1088/0031-9155/12/4/010.
- 10. Лебеденко ИМ, Ратнер ТГ, Водяник ВВ. и др. Техническое и дозиметрическое обеспечение тотального облучения пациентов перед трансплантацией костного мозга. Медицинская физика. 2012; № 3 (55): 11-9. Lebedenko IM, Ratner TG, Vodyanik VV. et al. Technical and dosimetric support for total irradiation of patients before bone marrow transplantation. Medical Physics (Rus). 2012; (3): 11-9.
- 11. Мелкова КН, Горбунова НВ, Чернявская ТЗ, Лебеденко ИМ и др. Тотальное облучение тела человека при трансплантации костного мозга. Онкогематология. 2012; (2): 96-114. Melkova KN, Gorbunova NV, Chernyavskaya TZ, Lebedenko IM, et al. Total irradiation of the human body during bone marrow transplantation. Oncohematology. 2012; (2): 96-114.
- 12. Закономерности распределения примесных центров в ионных кристаллах. Сборник научных трудов ВИМС. М. 1975.

80 ПУЧЕВАЯ ТЕРАПИЯ

Regularities of the distribution of impurity centers in ionic crystals. Collection of scientific papers VIMS. M. 1975.

молюминесцентных дозиметров для применения в пучках фотонного излучения различного качества. Медицинская физика. 2023; № 2: 114-24. Ukhanov ID, Lebedenko IM. Calibration of thermoluminescent dosimeters for use in photon, radiation, beams, of various, qualities.

13. Уханов ИД, Лебеденко ИМ. Калибровка тер-

- Ukhanov ID, Lebedenko IM. Calibration of thermoluminescent dosimeters for use in photon radiation beams of various qualities. Medical Physics. 2023; No. 2: 114-24. https://doi.org/10.52775/1810-200X-2023-98-2-114-124.
- 14. AAPM Protocol for clinical reference dosimetry of high energy photon and electron beams. Med. Phys. 1999; 26: 1847-70. https://doi.org/10.1118/1.598691.

- 15. Le Roym et al. Assessment of small volume ionization chambers as reference dosimeters in high-energy photon beams. Phys. Med. Biol. 2011; 56: 5637-50. https://doi.org/10.1088/0031-9155/56/17/011.
- 16. Рубцова МА, Лукашин МИ, Вайнсон АА и др. Методика создания гибридомной противоопухолевой вакцины на основе дендритных клеток, слитых с опухолевыми клетками. Российский Биотерапевтеческий Журнал. 2006: № 4: 21-9.
  - Rubtsova MA, Lukashin MI, Vainson AA, et al. Methodology for creating a hybridoma antitumor vaccine based on dendritic cells fused with tumor cells. Russian Biotherapeutic Journal. 2006; No. 4: 21-9.

# ПОЛУЧЕНИЕ БИОМАРКЕРОВ НА ОСНОВЕ ХАРАКТЕРИСТИК КОНТУРА ШАРОВИДНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ В ЛЁГКИХ ДЛЯ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ ДИАГНОСТИКИ РАКА И ТУБЕРКУЛЁЗА

И.В. Молодкин<sup>1,2</sup>, С.А. Рыжкин<sup>2,3,4,5</sup>, Т.Р. Измайлов<sup>1,2</sup>
<sup>1</sup> Национальный медицинский хирургический центр им. Пирогова Минздрава РФ,
Москва

<sup>2</sup> Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования Минздрава РФ, Москва

<sup>3</sup> Казанский Государственный медицинский университет Минздрава РФ, Казань <sup>4</sup> Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань <sup>5</sup> Академия наук Республики Татарстан, Казань

# APPLICATION OF SPECTRAL ANALYSIS TO OBTAIN CHARACTERISTICS OF THE CONTOUR OF CIRCULAR-SHAPED MASSES IN LUNGS SUITABLE FOR DIFFERENTIAL DIAGNOSIS

I.V. Molodkin<sup>1,2</sup>, S.A. Ryzhkin<sup>2,3,4,5</sup>, T.R. Izmailov<sup>1,2</sup>
<sup>1</sup> N.I. Pirogov National Medical and Surgical Center, Moscow, Russia
<sup>2</sup> Russian Medical Academy of Continues Professional Education, Moscow, Russia
<sup>3</sup> Kazan State Medical University, Kazan, Russia
<sup>4</sup> Kazan (Volga region) Federal University, Kazan, Russia
<sup>5</sup> Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan, Kazan, Russia

#### Реферат

**Цель:** Всследовать количественные характеристики КТ-изображений контура шаровидных образований в лёгких на предмет получения биомаркеров для использования в дифференциальной диагностике между раком и туберкулёзом лёгких.

**Материал и методы:** Проведены исследования двумерного массива денситометрических параметров, полученных при обработке томографических медицинских изображений пациентов с верифицированными диагнозами. Рассмотрены заболевания легких – рак и туберкулез. В исследование включены данные 982 и 493 срезов с заболеваниями рака и туберкулёза соответственно. Предложен принцип построения контуров шаровидных образований в лёгких. С помощью спектрального анализа получены биомаркеры изображения: спектральная энтропия, мультиплетность, количество локальных максимумов, функция сигнатур полярного угла поворота радиусвектора. Проанализирована статистическая значимость различий значений этих биомаркеров контуров шаровидных образований, при различных заболеваниях (раке и туберкулезе).

**Результаты:** Выявлены статистические различия биомаркеров при различных патологиях, что может позволить провести дифференциальную диагностику исследуемых заболеваний легких.

**Заключение:** Полученные биомаркеры шаровидных образований в легких могут войти в систему помощи врачу при диагностике. Следует помнить, что не существует единого диагностического признака, основанного на количественной характеристике изображения, который сразу бы определял вид патологии. Только набор таких функций позволит провести качественную диагностику.

**Ключевые слова:** радиомика, биомаркер изображения, компьютерная томография, медицинские изображения, контуры шаровидных образований лёгких, спектральный анализ, рак, туберкулёз, дифференциальная диагностика

#### Abstract

**Purpose:** To article examine the quantitative characteristics of the contour of spherical formations of the lungs for use in differential diagnosis.

**Material and methods:** Studies have been carried out on a two-dimensional array of densitometric parameters obtained by processing tomographic medical images of patients with verified diagnoses. The work examines lung diseases: cancer and tuberculosis. The study included data from 982 and 493 CT slices with cancer and tuberculosis, respectively. A principle is proposed for constructing the contours of spherical formations in the lungs. Using spectral analysis, quantitative characteristics of the contours were obtained: spectral entropy, multiplicity, number of local maxima, signature function of the polar angle of rotation of the radius vector. The statistical significance of the differences in the values of these characteristics of the contours of spherical formations in various diseases (cancer and tuberculosis) was analyzed.

**Results:** The work revealed statistical differences in the characteristics of the circuit in various pathologies, which may allow differential diagnosis of the lung diseases under study.

**Conclusion:** The obtained quantitative characteristics of spherical formations in the lungs can be included in the system of helping the doctor in diagnosis. It should be remembered that there is no single diagnostic sign based on the quantitative characteristics of the image, which would immediately determine the type of pathology. Only a set of such functions will allow for high-quality diagnostics.

**Key words:** radiomics, image biomarker, computed tomography, medical images, contour spherical formation of lungs, spectral analysis, cancer, tuberculosis, differential diagnosis

E-mail: tian.08@mail.ru

https://doi.org/10.52775/1810-200X-2024-102-2-81-90

## Введение

Некоторые заболевания лёгких часто вызывают изменения, которые визуально выглядят как "шар" на медицинском (томографическом или рентгеновском) изображении. В медицинской практике такую патологию называют "шаровидное образование лёгких" (ШОЛ). Иными словами, под ШОЛ понимают патологическое образование в лёгких округлой формы. Это образование может быть как одиночным, так и множественным. Такие патологии могут быть вызваны, например, пневмонией, раком или туберкулёзом лёгких. Данные заболевания относятся к очень опасным и распространённым во всём мире [1].

В современном мире диагноз "рак" – один из самых страшных. По статистике 13 % всех смертей в мире приходится на это заболевание. По данным Всемирной организации здравоохранения, в 2018 г. от рака умерли 9,6 млн. человека, при этом от рака лёгких – 2,09 млн.

Как говорилось ранее, наряду с раком лёгких схожие симптомы имеет и туберкулёз лёгкого. Врач-рентгенолог изучает полученные результаты КТ и выявляет на них патологии. При этом врач опирается, в основном, на качественные характеристики, выражающиеся в форме, структуре, размере, локализации образования. При этом некоторые заболевания имеют схожую структуру и не всегда удается визуально их разграничить. Необходимы объективные (т.е. не зависящие от диагноста) количественные методики дифференциальной диагностики патологий [2–4].

В современном мире большой отклик у научного сообщества нашла наука, исследующая изображения более глубоко и детально радиомика. Радиомика - наука, совмещающая в себе радиологию, математическое моделирование и глубокое машинное обучение [5]. Для работы в этом направлении необходимо находить, вычислять и сопоставлять биомаркеры изображений (БМИ). БМИ - это некоторые параметры текстур исследуемых изображений, способные охарактеризовать различные патологические изменения. На основе БМИ появляется возможность провести не только качественное исследование медицинских изображений (таких как КТ, МРТ, УЗИ, ПЭТ), но и выделить некоторые количественные характеристики изображений - биомаркеры [6-8].

Единственной количественной характеристикой, которую наблюдает диагност при проведении компьютерной томографии, является денситометрический показатель. Он принадлежит определенным вокселам. Программа обработки изображений регистрирует денситометрические значения и их статистические характеристики для отмеченной области интереса (обычно это среднее значение и среднеквадратичное отклонение). Этих двух характеристик обычно недостаточно для постановки правильного диагноза. В большинстве случаев на основании одной характеристики на медицинских изображениях невозможно поставить правильный диагноз, необходимо увеличение количества объективных характеристик. Это позволяет провести дифференциальную диагностику [9–12].

Помимо оценки денситометрических характеристик, врач большое внимание уделяет краям образований в легких, их контуру. ШОЛ диагносты разделяют их по внешнему виду на "гладкие", "фестончатые", "бугристые" и т.д. [13–15]. Можно сделать вывод, что рентгенолог воспринимает этот признак как диагностический параметр и субъективно оценивает его. Необходимо ввести характеристики границы и оценить зависимость между получившимися БМИ и типом заболевания. Только с учетом этого можно будет использовать данный БМИ для проведения дифференциальной диагностики с помощью автоматизированной системы помощи врачу.

В данной работе рассчитаны и использованы количественные характеристики изображений границ отмеченной области интересов для пациентов с верифицированными диагнозами, а также представлен статистический анализ зависимости между полученными БМИ границы и видом заболевания. Это позволяет использовать эти БМИ для автоматизации дифференциации патологии легких с более достоверной диагностикой.

#### Материал и методы

Для данного исследования сформирована база данных пациентов с заболеваниями лёгких. Диагнозы пациентов, обследованных с помощью компьютерной томографии, были подтверждены специалистами. Подтверждение диагноза «рак легких» было проведено гистоло-

гически, а посев мокроты был сделан для подтверждения туберкулезного процесса в легких.

Процедура проведения компьютерной томографии проводилась на системе Asteion 4 (Toshiba Medical Systems) с характеристиками: шаг сканирования – 2,0 мм, напряжение – 80 кВ, ток на трубке 160 мА, свертка ядра FC01. Матрица – 512×512 элементов, DFOV – 40×40 см. Реконструкция срезов выполнена толщиной 2 мм, размером пиксела 0,4×0,4 мм. Визуальный анализ изображений проводился на профессиональном мониторе PA301W (Япония) с диагональю 29,8 дюйма и разрешением экрана 2560×1600 пикселов.

Рендеринг медицинских изображений осуществлялся с помощью программы Merge eFilm Workstation©. Эта программа помогает врачу-рентгенологу проводить анализ медицинских изображений и обнаруживать зоны поражения, оценивать масштабы и необходимый объём этого поражения. Затем данные пациента обрабатывались с помощью программы "Рентгенолог +" [16]. Она преобразует данные отмеченной области интереса из DICOM в текстовый файл с денситометрическим значением вокселов каждого изучаемого среза. Когда отмеченная область интересов становится матрицей чисел, её можно статистически проанализировать. Врачу и физику необходимо выбрать оптимальные границы рабочей области программы. Весь очаг поражения должен находиться внутри отмеченной области и, если возможно, не должен соприкасаться с границей области. Обычно отмеченный участок выбирается только при одном очаге поражения на каждом срезе (рис. 1).

Для каждого обследованного пациента получали набор срезов томографического изображения со всем объемом ШОЛ. Если объёмный очаг содержит информацию о заболевании пациента, это означает, что каждый срез этого очага также содержит эту информацию. Соответственно, база данных составляет 982 среза рака (получено от 49 больных) и 493 среза туберкулеза (получено от 26 больных).

Современные КТ-сканеры имеют обширный набор инструментов для работы с полученными медицинскими изображениями. В нашем случае имелась возможность автоматического оконтуривания по умолчанию. К сожалению, данная функция некорректно, по мнению врача, оконтуривала выделенную область ШОЛ. Прямоугольная матрица чисел Хаунсфилда для каждого среза использовалась для

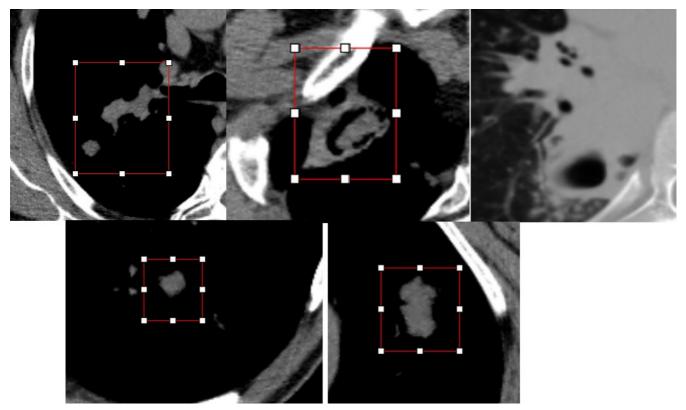
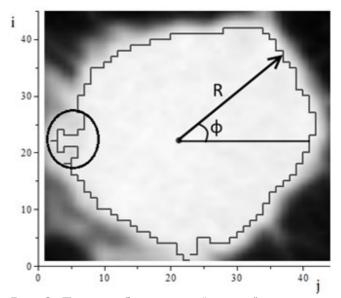


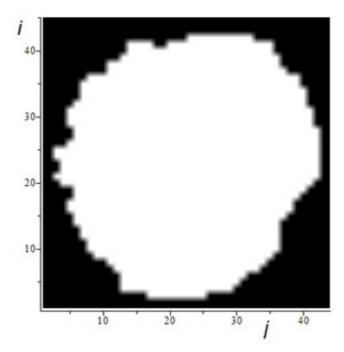
Рис. 1. Формы контура исследованных ШОЛ

создания контуров ШОЛ. По изображению была произведена визуальная оценка границы и выбрано значение денситометрического показателя ( $Z_0$ ). По словам врача, это соответствовало вокселу экспериментальной границы  $(Z_0)$ . Пороговое значение  $Z_0$  подбиралось экспериментально, т.е. рентгенолог и физик вводили значения в программу для обрисовки границы оценивали полученное визуально наложенное изображение (рис. 2). Если полученный контур не отображал реального положения границы ШОЛ, выбиралось новое значение  $Z_0$  и процедура повторялась, пока не будет достигнуто приемлемое сходство экспериментального контура с границей ШОЛ. После этого все вокселы, денситометрический показатель которых был больше  $Z_{\scriptscriptstyle 0}$ , оценивались как 1, а вокселы с индексом меньше  $Z_0$  – как 0. Задача автоматического выбора значения  $Z_{\scriptscriptstyle 0}$  не ставилась. Выбранное значение  $Z_0$  использовалось для каждого среза. Как следствие, из исходного изображения создавали бинарное изображение. В бинарном изображении граница уже сформирована (рис. 3). На рис. 2 показано визуальное бинарное изображение области интересов с границей ШОЛ (i, j – координаты на изображениях).

Для описания совокупности характеристик границы поражения на медицинском



**Puc. 2.** Пример образования "петель" в контуре ШОЛ и описание его в полярных координатах



**Рис. 3.** Пример получаемого бинарного изображения контира

изображении использовался вектор в полярных координатах, исходящий из центра масс фигуры, ограниченного экспериментальным контуром (рис. 2).

Центр масс фигуры определяется следующим образом:

$$x_c = \frac{\sum i \cdot Z(i,j)}{\sum Z(i,j)}, \ y_c = \frac{\sum j \cdot Z(i,j)}{\sum Z(i,j)}. \tag{1}$$

В (1) Z(i,j) — денситометрический показатель ткани в точке плоскости с координатами i и j. Суммирование производится по всем  $i_n$  и  $j_n$ .

Были рассчитаны величины радиус-вектора R(n) и векторного угла  $\varphi(n)$ :

$$R(n) = \sqrt{(j_n - x_c)^2 + (i_n - x_c)^2}, n = 1,...,N,$$
 (2)

$$\varphi(n) = \arccos\left(\frac{j_n}{R_n}\right), n = 1, \dots, N.$$
(3)

Вычисление характеристик, описанных выше, проводилось для каждого контура автоматически с применением программы, созданной в математическом пакете Maple®. Совокупность величин радиус-вектора R(n) и векторного угла  $\varphi(n)$  были названы сигнатурой выбранного контура [17]. На рис. 4 представлены примеры сигнатур радиус-вектора для ШОЛ (рис. 4A) и для эллипса (рис. 4Б). На основе этого БМИ можно ввести количественные характеристики исследуемого контура, а значит и получить реальные диагностические параметры.

Каждый локальный максимум сигнатуры угла соответствует изменению направления вращения радиус-вектора R(n). В форме контура это проявляется в виде незамкнутой "петли", вытянутой под некоторым углом по отношению к радиус-вектору. Чем больше количество петель, тем сложнее анализируемый контур. Таким образом, по количеству локальных максимумов М сигнатуры можно оценить сложность контура ШОЛ.

Теперь рассмотрим сигнатуру угла (рис. 5). Обратим внимание на тот факт, что

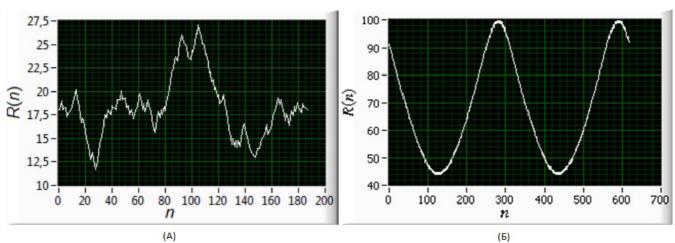
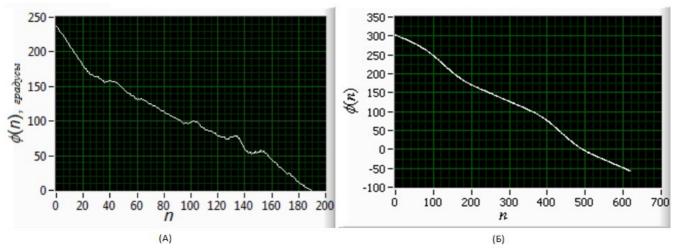


Рис. 4. Примеры сигнатур радиус-вектора: А – сигнатура ШОЛ, Б – сигнатура эллипса



**Рис. 5.** Примеры сигнатур угла: А – сигнатура ШОЛ, Б – сигнатура эллипса

сигнатура угла сложного контура уменьшается немонотонно.

Действительно, при сравнении с простыми симметричными фигурами (круг, эллипс), которым соответствует периодические сигнатуры радиус-вектора, видна сложность сигнатуры ШОЛ (не симметричного). Из чего можно сделать вывод о возможности оценки сложности контура по степени периодичности. Спектральную плотность мощности  $S^*(k)$  сигнатуры  $R^*(n)$  найдем из выражения:

$$S*(k) = E\{|F(R*(n))|^{2}\} =$$

$$= \frac{1}{N} \left| \sum_{n=0}^{N-1} R*(n) \cdot e^{\frac{-ikn}{N}} \right|^{2} \cdot \Delta n^{2} =$$

$$= \frac{1}{N} \left| \sum_{n=0}^{N-1} R*(n) \cdot e^{\frac{-ikn}{N}} \right|^{2},$$
(5)

где k – номер гармоники спектра (k=0...(N-1)/2), символом E обозначено математическое ожидание, а символом F – дискретное преобразование Фурье.

Перед вычислением  $S^*(k)$  проведём процедуру центрирования для уменьшения относительной погрешности оценки мощности гармоник спектра с k>0. Для нахождения доли мощности сигнатур, приходящейся на гармонику k, выполним нормировку спектральной плотности мощности S(k):

$$S(k) = \frac{S^*(k)}{\sum_{k=1}^{(N-1)/2} S^*(k)}.$$
 (6)

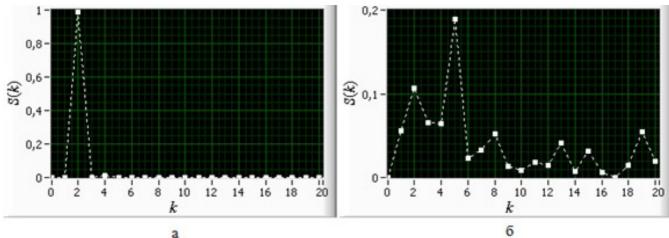
Данная характеристика имеет зависимость от вида контура, что продемонстрировано на рис. 6, а значит, может быть использована в качестве диагностического параметра.

Один из методов также основан на расчете радиуса сигнатуры спектральной плотности мощности. С помощью такой плотности мощности рассчитывается энтропия H(S(k)) для радиуса k сигнатур гармонии:

$$H = -\sum_{k=0}^{(N-1)/2} S(k) \cdot \ln S(k). \tag{7}$$

При детальном рассмотрении данной сигнатуры было выдвинуто предположение о возможном наличии количественных характеристик, связанных с этими сигнатурами. Модифицированная информационная энтропия Шеннона (Н) содержит информацию о контуре и включает в себя информацию об изменении скорости перемещения радиуса-вектора по контуру. Однако, анализ числа петель (М) отображает иную информацию. Для увеличения количества анализируемых диагностических параметров было принято решение исследовать новый параметр, представляющий собой умножение двух независимых величин: М и Н. Назовем полученный диагностический БМИ мультиплетностью (МН).

Все перечисленные БМИ, а именно: энтропия сигнатуры границы радиус-вектора, мультиплетность, максимальное значение нормативной мощности спектральной плотности и количество локальных максимумов рассчитывались по денситометрическому значению каждого воксела, входящего в состав контура.



**Рис. 6.** Пример нормированной спектральной плотности мощности сигнатур R(n) контуров, где k – номер гармоники спектра (а – контур простой формы "элипс", б – контур сложной формы "губка")

Расчеты проводились на персональном компьютере в автоматическом режиме с использованием программ на языках Maple© и LabVIEW© [17].

## Результаты

Для проведения статистического анализа каждый отдельный пациент получал набор срезов, включающих в себя исследуемое ШОЛ. Далее проводился расчёт всех БМИ для каждого среза пациента. Полученные таким образом посрезно БМИ составляли один набор данных для конкретного заболевания и анализировались в статистической программе. Некоторые статистические данные образцов по диагностическим БМИ представлены в табл. 1.

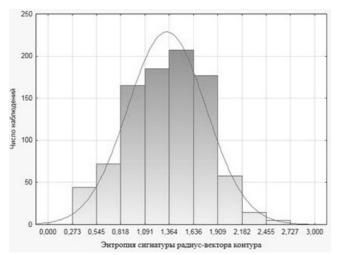
Исследованные БМИ были проанализированы на нормальность распределения в программе STATISTICA© по критериям Шапиро–Уилки. Было показано, что эти выбор-

ки маловероятно могут быть получены из нормального распределения (это означает, что тест на нормальность не пройден). Этот тест представлен ниже для энтропии гармоник сигнатуры радиус-вектора (рис. 7). Мы видим визуальное сходство с нормальным распределением, оно нам кажется странным. Однако, статистическая оценка с использованием критериев хи-квадрат показала, что изучаемые характеристики маловероятно будут иметь нормальное распределение. В связи с этим было предложено разработать тест для проверки возможности использования изучаемых БМИ для дифференциальной диагностики ШОЛ с использованием параметрической статистики (из-за визуального сходства) и непараметрической статистики (из-за подтверждённого статистически отсутствия нормальности).

Нулевая гипотеза означает, что изучаемые БМИ для разных верифицированных диагнозов соотносятся с одной общей совокупностью. Это означает, что установленные коли-

Таблица 1 Значения исследуемых параметров для наблюдаемых типов заболевания

| Исследуемый параметр                              | Тип         | Среднее  | Стандартная          |
|---|-------------|----------|----------------------|
| исследуемый параметр                              | заболевания | значение | погрешность среднего |
| Количество локальных максимумов, М                | Рак         | 5,789    | 0,174                |
| поличество локальных максимумов, м                | Туберкулёз  | 5,012    | 0,098                |
| Quanouna outriomini i no unio notanno troumino. U | Рак         | 1,337    | 0,014                |
| Энтропия сигнатуры радиус-вектора контура, Н      | Туберкулёз  | 1,117    | 0,011                |
| Мультиплетность, МН                               | Рак         | 7,797    | 0,259                |
| Myndiminethoetb, with                             | Туберкулёз  | 5,758    | 0,140                |
| Значение максимума нормированной                  | Рак         | 0,573    | 0,006                |
| спектральной плотности мощности, S                | Туберкулёз  | 0,647    | 0,004                |



**Рис. 7.** Проверка на нормальность характеристики энтропия сигнатуры радиус-вектора контура (рак) в программе STATISTICA

чественные характеристики границы неразличимы для разных видов заболеваний. Если нулевая гипотеза будет принята, предполагаемые БМИ будут бесполезны для диагностики. Результаты испытаний по критерию Стьюдента представлены в табл. 2.

Для непараметрического статистического теста мы использовали критерии Манна–Уитни, этот результат также представлен в табл. 2.

## Обсуждение

Из результатов видно, что критерий Стьюдента позволяет опровергнуть нулевую гипотезу для всех характеристик при условии, что распределения изучаемых БМИ подчиняются нормальному закону. В этом случае все исследуемые характеристики контура могут быть диагностическими.

Как видно из табл. 2, результаты проверки нулевой гипотезы о предполагаемой возможности изучаемых БМИ контуров неоднозначны. Последние три БМИ указанных заболеваний статистически различны и могут быть диагностическими параметрами. Большую вероятность ошибки первого рода (более  $p_{\rm crit}$ =0,05) имеет БМИ количества локальных максимумов по критериям Манна–Уитни, что говорит о его невозможности использования в дифференциальной диагностике.

#### Заключение

- ✓ Если не использовать гипотезу о нормальности граничных характеристик (не подтверждена статистически), БМИ "величина локального максимума" имеет большую вероятность ошибки первого рода (0,14). Это означает, что мы не можем утверждать, что оно статистически различимо для разных заболеваний. Данное обстоятельство не позволяет использовать этот параметр в дифференциальной диагностике.
- Остальные три БМИ статистически различны для исследуемых заболеваний и могут быть использованы в дифференциальной диагностике.
- ✓ Для постановки правильного диагноза необходимо полагаться на набор диагностических параметров, а не на одну характеристику. Данный подход может быть реализован в автоматизированной системе помощи врачу. Теперь для помощи врачу в системе доступна совокупность параметров, которая включает в себя хорошо изученные параметры: денситометрическое значение, относительное стандартное отклонение денситометрического значения и некоторые новые параметры, такие как: фрактальная размерность, энтропия радиус-векторной сигнату-

Таблица 2 Результаты проверки нулевой гипотезы (STATISTICA©)

| Исследуемый параметр  | t-статистика | Вероятность ошибки<br>первого рода для<br>критерия Стьюдента | Вероятность ошибки<br>первого рода для<br>критерия Манна–Уитни |
|---|--------------|--|--|
| Количество локальных максимумов, М                                  | 2,82         | 4,9×10 <sup>-3</sup>   | 0,14   |
| Энтропия сигнатуры радиус-вектора контура, Н                        | 8,57         | 0  | 0  |
| Мультиплетность, МН   | 5,01         | 0  | 0  |
| Значение максимума нормированной спектральной плотности мощности, S | 7,43         | 0  | 0  |

- ры, количество локальных максимум, кратность, максимальное значение нормативной мощности спектральной плотности. Расширение количественных характеристик медицинских изображений делает дифференциальную диагностику более качественной и достоверной.
- ✓ Заболевания, которые мы рассматриваем в данной статье, не единственные, при которых используется анализ медицинских изображений. Контурные БМИ могут быть использованы для диагностики других схожих заболеваний.

# Список литературы

- 1. Розенштраух ЛС, Виннер МГ. Дифференциальная рентгендиагностика заболеваний органов дыхания и средостения. Руководство для врачей. RUGRAM. 2013.350. Rozenshtraukh LS, Vinner MG. Differential xray diagnosis of diseases of the respiratory system and mediastinum. Guide for doctors. RUGRAM. 2013.350 (In Russ.).
- 2. Коновалов ВК, Лобанов МН, Леонов СЛ, Шайдук АМ, Колмогоров ВГ, Домбровский АА. Способ количественной оценки структуры шаровидных образований легких при мультиспиральной компьютерной томографии. Вестник Алтайской науки. 2013; 2 (1): 149-52.
  - Konovalov VK, Lobanov MN, Leonov SL, Shaiduk AM, Kolmogorov VG, Dombrovsky AA. A method for quantitative assessment of the structure of spherical formations of the lungs using multislice computed tomography. Bulletin of Altai Science. 2013; 2 (1): 149-52. (In Russ.).
- 3. Dobrescu R, Dobrescu M, Mocanu M, Popescu D. Medical images classification for skin cancer diagnosis based on combined texture and fractal analysis. WSEAS TRANSACTIONS on BIOLOGY and BIOMEDICINE. 2010; 7 (3): 223-32.
- 4. Календер В. Компьютерная томография. М.: Texнocфepa, 2006. Kalender V. Computed tomography. Technosphere, 2006. (In Russ.).
- 5. Литви АА, Буркин ДА, Кропинов АА, Парамзин ФН. Радиомика и анализ текстур цифровых изображений в онкологии (обзор). Современные технологии в медицине. 2021; 13 (2): 97.

- Litvin AA, Burkin DA, Kropinov AA, Paramzin FN. Radiomics and Digital Image Texture Analysis in Oncology (Review). Actual Technologies in Medicine. 2021; 13 (2): 97 (In Russ.) https://doi.org/10.17691/stm2021.13.2.11.
- 6. Avanzo M, Stancanello J, El Naqa I. Beyond imaging: the promise of radiomics. Phys Med. 2017; 38: 122-39, https://doi.org/10.1016/j.ejmp.2017.05.071.
- 7. Liu Z, Wang S, Dong D, Wei J, Fang C, Zhou X, et al. The applications of radiomics in precision diagnosis and treatment of oncology: opportunities and challenges. Theranostics. 2019; 9 (5): 1303-22, https://doi.org/10.7150/thno.30309.
- 8. Огнерубов НА, Шатов ИА, Шатов АВ. Радиогеномика и радиомика в диагностике злокачественных опухолей: обзор литературы. Вестник Тамбовского университета 2017; 22 (6–2): 1453-60.
  - Ognerubov NA, Shatov AV, Shatov IA. Radiogenomics and radiomics in the diagnostics of malignant tumours: a literery review. Bulletin of Tambov University. Series: Natural and Technical Sciences. 2017; 22 (6-2); 1453-60. (In Russ.) https://doi.org/10.20310/1810-0198-2017-22-6-1453-1460.
- 9. Шайдук АМ, Молодкин ИВ. Оценка количества диагностических параметров для дифференциации заболеваний лёгких. Медицинская физика. 2015; (2): 48-51. Shayduk AM, Molodkin IV. Estimate of the number of diagnostic parameters for statistical differentiation lung disease. Medical Physics. 2015; (2): 48-51. (In Russ.).
- 10. Власов ПВ. Лучевая диагностика заболеваний органов грудной клетки. Видар-М. 2008.
  - Vlasov PV. Radiation diagnostics of diseases of the thoracic organs. Vidar–M, 2008. (In Russ.).
- 11. Хофер М. Компьютерная томография. Базовое руководство. 2-е издание, переработанное и дополненное. Медицинская литература. 2008.
  - Hofer M. Computed tomography. Basic Guide. 2nd edition, revised and expanded. Medical literature, 2008. (In Russ.).
- 12. Al-Kadi OS, Watson D. Texture analysis of aggressive and nonaggressive lung tumor ce ct images. IEEE Trans Biomed Eng. 2008; 55 (7): 1822-30.
- 13. Povoroznyuk AI, Emelyanova AV. System of processing of medical images in radiology on

90 ПУЧЕВАЯ ДИАГНОСТИКА

the basis of the fractal analysis. Bulletin NTU "KPI". 2014; 35 (1078): 147-51.

- 14. Кириллова ОА, Кошечкина НА, Волкова ЛД, Захарова ЕВ. Дифференциально-диагносические критерии лучевой диагностики интрапаравертебральных опухолей различного гистогенеза у детей. Материалы Всероссийского конгресса лучевых диагностов. МЕДИ Экспо, 2007.
  - Kirillova OA, Koshechkina NA, Volkova LD, Zakharova EV. Differential diagnostic criteria for radiological diagnosis of intraparavertebral tumors of various histogenesis in children. Materials of the All-Russian Congress of Radiation Diagnosticians. MEDI Expo. 2007. (In Russ.).
- 15. Линденбратен ЛД, Королюк ИП. Медицинская радиология и рентгенология (Основы лучевой диагностики и лучевой терапии): Учебник. Медицина. 2003.
  - Lindenbraten LD, Korolyuk IP. Medical Radiology and Radiology (Basics of radiation diagnostics and radiation therapy): Textbook. Medicine, 2003. (In Russ.).
- 16. Ворона ОИ, Леонов СЛ, Коновалов ВК, Шайдук АМ. Получение параметров компьютер-

- ных изображений. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2013613849. Дата регистрации 17 апреля 2013 г.
- Vorona OI, Leonov SL, Konovalov VK, Shaiduk AM. Obtaining parameters of computer images. Certificate of state registration of the computer program No. 2013613849. Registration date April 17, 2013. (In Russ.).
- 17. Шайдук АМ, Леонов СЛ, Коновалов ВК, Останин СА, Молодкин ИВ. Программа для построения и расчёта параметров контура шаровидных образований лёгких по томографическому изображению. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2018663198. Дата регистрации 23 октября 2018.
  - Shaiduk AM, Leonov SL, Konovalov VK, Ostanin SA, Molodkin IV. A program for constructing and calculating the parameters of the contour of spherical formations of the lungs from a tomographic image. Certificate of state registration of the computer program No. 2018663198. Registration date October 23, 2018. (In Russ.).

# КЛИНИЧЕСКИЕ ПРИМЕНЕНИЯ КСЕНОНА-129 В МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНОЙ ТОМОГРАФИИ: КРАТКИЙ ОБЗОР

Г.Ю. Григорьев, Е.В. Завалева, А.С. Лагутин Национальный исследовательский центр "Курчатовский институт", Москва

# CLINICAL APPLICATIONS OF XENON-129 IN MAGNETIC RESONANCE IMAGING: A BRIEF OVERVIEW

G.Y. Grigoriev, E.V. Zavaleva, A.S. Lagutin National Research Center "Kurchatov Institute", Moscow, Russia

#### Реферат

Введение

Новые клинические технологии МРТ

Пульмонология: примеры использования гиперполяризованного 129Хе

Вентиляция легких

КОВИД-19

ХОБЛ

Перспективные направления развития ксеноновой МРТ

Рак легких

Исследования головного мозга

Заключение

**Ключевые слова:** гиперполяризованный ксенон, магнитно-резонансная томография, пульмонология, онкология, нейрология

#### **Abstract**

Introduction

New clinical technologies for MRI

Pulmonology

Ventilation of the lungs

COVID-19

COPD

Promising directions for the development

Lung cancer

Brain research

Conclusion

**Key words:** hyperpolarized xenon, magnetic resonance imaging, pulmonology, oncology, neurology E-mail: Lagutin AS@nrcki.ru

https://doi.org/10.52775/1810-200X-2024-102-2-91-109

## Введение

По данным Федеральной службы государственной статистики, смертность от болезней органов дыхания стоит на шестом месте среди основных причин смертности от заболеваний и на 2022 г. составила 55,6 тыс. человек, что на 37,2 % больше, чем в 2019 г. Необходимо отметить, что смертность от коронавирусной инфекции, вызванной COVID-19, выделена в отдельную строку и составила в 2022 г. 94,9 тыс. человек. Общая пульмонологическая заболеваемость в 2022 г. составила 81430 человек (из них с диагнозом COVID-19 зарегистрировано 12549 человек), что существенно превышает уровень 2020 г. (66278 человек) [1].

По мнению специалистов НИИ пульмонологии одним из важнейших мероприятий, направленных на снижение заболеваемости и первичной смертности от болезней органов дыхания, на данном этапе развития здравоохранения является повышение качества диагностики [2].

В обзорной работе [3] представлен анализ литературных данных, посвященных магнитно-резонансной томографии (МРТ) при заболеваниях легких, а также методике исследования, семиотике воспалительных и онкологических заболеваний, их дифференциальной диагностике на основании данных МРТ. Приведена сравнительная характеристика роли МРТ и рентгеновской компьютерной томографии (КТ). Сделано заключение об актуальности использования МРТ как метода, существенно дополняющего данные КТ при диагностике и дифференциальной диагностике заболеваний легких. К настоящему моменту МРТ с использованием гиперполяризованного (ГП) ксенона-129 (129 Хе) убедительно продемонстрировала свою эффективность при оценке вентиляции легких у пациентов с заболеваниями дыхательной системы, в том числе хронической обструктивной болезнью легких (ХОБЛ), муковисцидозом, респираторными инфекциями [4].

Применение МРТ с ГП <sup>129</sup>Хе дает возможность лучшего описания региональной функциональной неоднородности долей легких при ХОБЛ, а также позволяет оценивать эффективность применяемых методов лечения, таких как буллэктомия или установка эндобронхиального клапана [5].

В современной литературе показана эффективность применения магнитно-резонансной томография с использованием гиперполяризованного ксенона-129 при диагностике измене-

ний легких после коронавирусной инфекции COVID-19, а именно были выявлены значительные нарушения газообмена при условии нормальных результатов КТ грудной клетки [6].

Существуют исследования, показывающие перспективность применения рассматриваемого диагностического метода в качестве нового визуализирующего биомаркера для мониторинга ответа на лечение при муковисцидозе. МРТ легких с использованием ГП ксенона-129 может сыграть важную роль в качестве исследовательского инструмента, позволяющего лучше понять сложную и пространственно неоднородную патофизиологию заболеваний легких кистозным фиброзом [7]. По мнению специалистов Российского научного центра рентгенорадиологии МЗ РФ, абсолютными показаниями к проведению МРТ являются подозрение на сосудистый генез патологических изменений в легких, изменения в средостении, жидкость-содержащие очаговые изменения (кисты различного генеза, опухоли плевры, плевриты неясного генеза [3].

Кроме того, МРТ с ГП <sup>129</sup>Хе применяется для формирования плана лучевой терапии легких, а именно для построения карты вентиляционной функции и газообмена в кровотоке, с помощью которой дифференцируют области здоровой функции легких от областей пораженной ткани, чтобы доставить достаточную дозу в опухоль, сохраняя при этом как можно больше функционирующих тканей легких. Использование данного метода визуализации может снизить риск или тяжесть радиационного пневмонита и улучшить качество жизни после лечения [8].

Технологии получения гиперполяризованных ядерных спинов в твердых телах, жидкостях и газах, которые используются при МРтомографии, описаны в ряде обзоров и монографий (например, [9, 10]). К таким технологиям относят Brute-Force Hyperpolarization [11], спин-обменную оптическую накачку ядер благородных газов (SEOP) [12, 13], динамическую ядерную поляризацию (DNP) [14], химически индуцированную динамическую ядерную поляризацию (CIDNP) [15], фото-CIDNP [16], поляризацию, индуцированную параводородом (PHIP) [17] и усиление сигнала путем обратимого обмена (SABRE) [18].

В настоящее время самым популярным и эффективным методом получения ГП ядер  $^{129}$ Хе, используемым в клинических условиях, является SEOP. Подробное описание этого способа изло-

жено в монографиях [10, 19] и во множестве обзоров (например, [9, 19–22]). Сравнительный анализ использования изотопов <sup>129</sup>Хе и <sup>83</sup>Кг в МРТ приведен в работе [13]. Каких-либо существенных преимуществ у криптона не отмечается. Следует отметить, что содержание криптона-83 в природной смеси изотопов достаточно низкое (~11,5 %), поэтому затраты на обогащение криптона-83 существенно выше, чем для ксенона-129. Кроме того, ксенон гораздо удобнее для использования, поскольку, в отличие от криптона, прекрасно растворяется в биологических жидкостях и жировых тканях.

Благородный газ ксенон привлекает исследователей-клиницистов всего мира с 1940-х годов, а с момента официального разрешения к применению медицинского ксенона в России в качестве анестетика прошло уже более 20 лет. Опыт применения в анестезиологии позволил не только доказать, что ксенон не оказывает даже минимального токсического действия на организм человека и демонстрирует кардио- и нейропротективные свойства, но и обладает широким спектром терапевтического действия, который можно использовать с лечебной целью в различных областях практической медицины: неврологии, психиатрии, наркологии, кардиологии, пульмонологии, спортивной медицине, практике скорой помощи и медицины катастроф [23].

# Новые клинические технологии МРТ

В работе [24], подготовленной ведущими специалистами по получению ГП 129Хе, было отмечено, что в третьем десятилетии XXI века MPT с применением ГП 129Хе может произвести революцию в клинической визуализации легких, предлагая неионизирующую высококонтрастную альтернативу компьютерной томографии и обычной протонной МРТ. Более того, КТ и обычная протонная МРТ показывают структуру легочной ткани, но не дают никакой функциональной информации, тогда как в последнее время был достигнут значительный прогресс в использовании МРТ с ультракоротким временем эха (UTE и UTE-TE [25]) для получения суррогатных показателей вентиляции. С другой стороны, вдыхая гиперполяризованный газ 129 Хе, можно получить сильный МР-сигнал для получения функциональных изображений легких за считанные секунды, отражающий вентиляцию легких, перфузию и диффузию с 3D-считыванием. Безусловным подтверждением этого заключения является деятельность по созданию аппаратуры, удобной для клинического использования и реализующей эту технологию.

Один из лидеров во внедрении использования ГП ксенона-129 фирма Polarean [26] представила на рынок в третьем десятилетии 21 века новую модель поляризатора XENOVIEW [27]. На самом деле XENOVIEW – это не только поляризатор, но и полная система сбора, хранения и транспортировки ГП ксенона-129, дополненная к тому же протоколом проведения МРТ-диагностики. Этот протокол получил одобрение FDA (Food and Drug Administration) и теперь с полным правом может быть использован в клинической практике.

Ещё один производитель поляризаторов фирма XeUS technologies [28], представила третье поколение поляризатора [29]. В нем используется газовая смесь ( $^{129}$ Xe- $^4$ He- $N_2$ ) при достаточно высоком давлении в 2,6 атм. Используется как ксенон с природным содержанием ксенона-129, так и обогащенный до 50 %. Время сохранения поляризации (в среднем  $T_1$ =82,4 мин) позволяет транспортировать ГП ксенон-129 от поляризатора в различные клиники, создавая таким образом сетевое обслуживание МРТ-диагностических центров.

В КНР (г. Ухань) для диагностики COVID-19 успешно применяется MP-томограф производства КНР иMR780 (Хе) с горизонтальным магнитом на 3,0 Тл и приемопередающим трактом на частоте 35,45 МГц для  $^{129}$ Хе [30]. ГП  $^{129}$ Хе приготовлялся с использованием метода SEOP в коммерческой поляризационной системе (verImagin Healthcare, КНР). Использовалась газовая смесь, содержащая 2 % ксенона с обогащением 86 % по изотопу  $^{129}$ Хе, 88 %  $^4$ Не и 10 %  $N_2$ ) [31].

Ещё одно направление в разработке поляризаторов – это создание компактных аппаратов, способных обслуживать один или два МР-томографа в небольших клиниках или диагностических центрах. Например, в работе [32] описан компактный, позволяющий получать до 1,5 л/ч ксенона-129, поляризованного на уровне до 40 %. Согласно предписанию FDA [33], на одного пациента требуется 75–100 мл ГП ксенона, таким образом, с помощью данного аппарата можно провести порядка 15–20 процедур МРТ в день.

После недавнего одобрения FDA применения <sup>129</sup>Хе MPT в пульмонологии [33] практические вопросы, связанные с клиническим внед-

рением этого метода диагностики, касались не столько технических вопросов, сколько административных. Формирование списка заказов пациентов, консультации рентгенологов и работа с поляризатором – это лишь некоторые аспекты клинического лечения. Примут ли врачи новый метод или откажутся от него – это во многом зависит от легкости, с которой его можно реализовать и выполнить. Установление конкретных стандартов работы имеет важное значение на ранних этапах клинической программы [34]. На момент второй половины 2023 г. клинические исследования с применением ГП ксенона-129 проводятся только в Великобритании, США, Канаде и КНР.

# Пульмонология: примеры использования гиперполяризованного <sup>129</sup>Хе

На протяжении более ста лет оценка функции легких основывалась на глобальных измерениях, полученных с помощью спирометрии и плетизмографии тела [35]. Несмотря на свои ограничения, объем форсированного выдоха за одну секунду – ОФВ1 (FEV1) продолжает служить основной конечной точкой в многочисленных исследованиях. Соотношение FEV1/FVC, также называемое модифицированным индексом Тиффено-Пинелли, представляет собой рассчитанное соотношение, используемое при диагностике обструктивных и рестриктивных заболеваний легких. Оно представляет собой соотношение жизненной емкости человека, которую он способен исчерпать в первую секунду принудительного выдоха (ОФВ1), к полной форсированной жизненной емкости – ФЖЕЛ (FVC). Как глобальный показатель ОФВ1, он нечувствителен к гетерогенности заболевания и неспецифичен для основной причины обструкции дыхательных путей. В общем плане, традиционные тесты функции легких (Pulmonary function testing – PFT) недостаточно характеризуют регионарную функцию легких на ранних стадиях заболевания. Едва заметные изменения паренхимы легких, как правило, плохо выявляются обычными методами PFT; например, локальная потеря вентиляции в данном легочном сегменте не учитывается такими методами оценки. Следовательно, существует большая потребность в более локальных измерениях функции легких, способных отображать региональные модели вентиляции, характерные для различных обструктивных и рестриктивных заболеваний легких на их ранних стадиях [36, 37].

В свете упомянутых соображений МРТ обладает многими преимуществами. Тем не менее, анатомические и физиологические свойства паренхимы легких и проводящих дыхательных путей представляют собой серьезные проблемы для протонной МРТ-визуализации [38]. Во-первых, плотность протонов в нормальной паренхиме легких составляет примерно одну пятую от плотности мышечной ткани [39]. Во-вторых, граница раздела воздух-ткань вызывает большую разницу в магнитной восприимчивости, что приводит к короткому времени релаксации Т2, и это делает получение диагностического МРТ-изображения паренхимы легких особенно сложным [39, 40]. Третьим важным ограничением является чувствительность к движению во время дыхательного и сердечного циклов (сердце и аорта находятся в поле зрения) из-за общего более длительного времени получения результатов методом протонной МРТ легких [38].

Альтернативный подход заключается в использовании источников контраста, доступных при МРТ, для получения изображения функционирования легких. Доступные в настоящее время МРТ-сканеры в сочетании с самыми современными технологиями могут свести к минимуму влияние основных мешающих факторов, описанных выше [36]. Введение вдыхаемых гиперполяризованных инертных газов - в частности, <sup>129</sup>Хе и <sup>3</sup>Не - усиливает сигнал в воздушных пространствах легких в достаточной степени, чтобы можно было получить изображения вентиляции с задержкой дыхания с помощью МРТ [36]. Процесс гиперполяризации приводит к тому, что суммарная намагниченность ядра (и, следовательно, интенсивность сигнала продольной релаксации Т<sub>1</sub>) становится на пять порядков выше теплового равновесия. Кроме того, при наполнении легких контрастным веществом, видимым с помощью МРТ, короткий период поперечной релаксации Т2 паренхимы компенсируется увеличенным Т2 газов внутри альвеол [41], что повышает эффективность получения данных при газовой МРТ.

Как отмечено в обзоре [42], современные достижения в области МРТ органов дыхания с применением ГП контрастов расширили ее применение при некоторых заболеваниях легких. Вдыхаемые контрастные гиперполяризо-

| tionism (again in passing in pass |                       |                       |                       |                            |  |  |
|--|-----------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------------|--|--|
|  | ГП <sup>33</sup> Не   | ГП 129Хе              | $O_2$                 | <sup>19</sup> F            |  |  |
| Стоимость  | Очень высокая         | Высокая               | Низкая                | Средняя                    |  |  |
| Возможности поставки контраста   | Низкие                | Хорошие               | Обильные              | Хорошие                    |  |  |
| Поляризация  | 30–40 %               | 20-60 %               | 5 ppm*                | 5 ppm*                     |  |  |
| Плотность газа, г/см <sup>3</sup>  | 1,34×10 <sup>-4</sup> | 5,75×10 <sup>-3</sup> | 1,43×10 <sup>-3</sup> | 6,51-6,16×10 <sup>-3</sup> |  |  |
| Требуемый объем контрастного агента для одной процедуры, л   | 0,25-1,0              | 0,25-1,0              | 300                   | 5                          |  |  |
| Длительность сканирования, с   | 5–10                  | 5–10                  | 300-1800              | 12-15                      |  |  |
| Межклеточный барьер  | -                     | +                     | (+)                   | _                          |  |  |
| Эритроциты (RBC)   | -                     | +                     | (+)                   | _                          |  |  |
| Газообмен  | _                     | +                     | _                     | _                          |  |  |
| Микроструктура   | +                     | +                     | _                     | +                          |  |  |
|  |                       |                       |                       |                            |  |  |

Таблица 1 Обзор газовых контрастных агентов, используемых при МРТ регионарной функции легких (адаптировано из работы [36])

ванные газы позволили оценить вентиляцию легких, микроструктуру и альвеолярно-капиллярную диффузию [43]. Функциональная МРТ легких также возможна с использованием вдыхаемых фторированных газов [44–46], с использованием обогащенных кислородом смесей [47] и протонных методов свободного дыхания [48, 49]. В совокупности эти методы позволили получить огромное количество новой информации о структурно-функциональных взаимосвязях при различных заболеваний легких. В табл. 1 и 2 приведены сравнительные характеристики используемых в МРТ-диагностике контрастных агентов.

Перфузия

Томография грудной клетки в Китае прошла путь от анатомического наблюдения к количественной и функциональной оценке, от использования традиционных подходов к использованию искусственного интеллекта [50]. В 2016 г. Чжоу и его коллеги (КНР) провели серию исследований с использованием MPT на  $\Gamma\Pi$  <sup>129</sup>Xe, сосредоточив внимание на оценках функции легких, а также на потенциальных клинических преимуществах этого метода Их работы включали: физиологическую оценку функционирования легких с помощью модифицированной последовательности радиочастотных импульсов при радиационно-индуцированном повреждении легких [51], выявление легкой степени эмфиземы путем количественной оценки дыхательных путей легких с помощью ксеноновой диффузионной МРТ [52], диффузионно-взвешенную визуализацию легких, позволяющую оценивать морфометрические параметры воздушности альвеол и газообменную функцию легких [53].

До недавнего времени методы МРТ с ГП  $^{129}$ Хе разрабатывались независимо в ограниченном числе академических центров, без согласования стратегий их применения. Чтобы способствовать единообразию и более широкому внедрению МРТ с ГП  $^{129}$ Хе в трансляционных исследованиях, испытаниях в различных лабораториях и, в конечном счете, в клинической практике, в  $2021~\mathrm{r}$ . опубликован документ с изложением позиции Консорциума клинических испытаний МРТ ГП  $^{129}$ Хе [54], который рекомендует стандартные протоколы для согласования методов получения изображений в МРТ с ГП  $^{129}$ Хе.

В данном документе описаны рекомендации для наиболее распространенных параметров газовой МРТ: калибровки, вентиляции, размера альвеолярного пространства и интенсивности газообмена, которые используются у большинства производителей МРТ-сканеров, применяемых с целью проведения ГП 129Хе МРТ. Кроме того, даны рекомендации по объемам доз 129Хе и стандартизации задержки дыхания для дальнейшего повышения согласованности исследований изображений. Цель этих рекомендаций состоит в том, чтобы центры, оснащенные оборудованием проведения МРТ с ГП 129Хе, могли бы легко внедрять эти параметры для получения стабильных изображений высокого качества, обеспечивающих региональные представления о структуре и функции легких. Основные разделы рекомендаций [54] представлены ниже:

<sup>\*</sup> Зависит от магнитной индукции; значения сообщаются для магнитного поля 1,5 Тл

Таблица 2 Преимущества и проблемы различных контрастных агентов для функциональной визуализации легких (адаптировано из работы [55])

|   | ГП <sup>3</sup> Не  | ГП <sup>129</sup> Хе   | $O_2$  | <sup>19</sup> F  |
|---|---|--|--|--|
| Отношение<br>сигнал/шум                     | Высокое   | Среднее  | Низкое   | Низкое   |
| Визуализация при<br>задержке дыхания        | Да  | Да   | Нет  | Да   |
| Стоимость                                   | ~\$800-1200/л   | \$170/л<br>(обогащенный)<br>\$15/л (естественный<br>состав)  | <\$1/л   | \$15-20/л  |
| Длительность<br>сканирования                | 5–10 с  | 5–10 с   | 5–30 мин   | 12–15 с  |
| Типичное<br>пространственное<br>разрешение  | 3×3×10 мм   | 3×3×10 мм  | 2×2×10 мм  | 6×6×15 мм  |
| Преимущества<br>клинических<br>исследований | Региональные<br>показатели<br>эмфиземы с<br>высоким<br>пространственно-<br>временным<br>разрешением | Региональные показатели эмфиземы, улавливания газов и обструкции воздушного потока. Растворенные фазы в тканях и крови являются показателем газообмена | Недорогой,<br>широкодоступны<br>й метод<br>визуализации с<br>взвешиванием по<br>вентиляции.<br>Потенциал для<br>количественной<br>вентиляции | Менее<br>дорогостоящий<br>метод взвешенной<br>визуализации<br>вентиляции.<br>Потенциал для<br>количественной<br>вентиляции |

- ✓ Калибровка
- ✓ Вентиляция
- ✓ Размер альвеолярного пространства
- ✓ Газообмен
- ✓ Дозировка ксенона
- ✓ Порядок получения сканирования
- ✓ Спектроскопия растворенной фазы/угол поворота, центральная частота и калибровка времени
- ✓ Экспорт изображений и анализ изображений

Данный документ представляет собой консенсус физиков и клиницистов на середину 2021 г., в нем также представлена и дорожная карта технических разработок, которые еще больше повысят качество изображения и эффективность их использования. Стандартизированные протоколы визуализации будут способствовать более широкому внедрению МРТ ГП 129Хе для клинических исследований легких.

#### Вентиляция легких

Наиболее клинически обоснованным и широко используемым методом визуализации вентиляции легких является однофотонная эмиссионная компьютерная томография (SPECT) с использованием ряда вентиляционных агентов, включая газ криптон (<sup>81m</sup>Kr) и аэрозоли, меченные <sup>99m</sup>Тс, например, диэтилентриамин-пентаацетат (DTPA) и технегаз (Technegas) [56].

Сравнение нарушений вентиляции легких, количественно оцененных с помощью Technegas-SPECT и MPT на ГП <sup>129</sup>Хе проведено в работе [57]. Показано, что несмотря на существенные различия между методами визуализации, количественная оценка нарушений вентиляции с помощью SPECT и ксеноновой MPT сопоставима (см. табл. 3). Взаимосвязи параметров в статье [57] оценивались с помощью коэффициентов корреляции Пирсона для параметрических данных и коэффициентов корреляции Спирмена для непараметрических данных (г). В табл. 3 использованы следующие стандартные для пульмонологии аббревиатуры:

 $VDP_{\scriptscriptstyle T}$  – процент дефектов вентиляции, определяемый методом порогового значения;

 ${
m VDP}_{
m K}$  – процент дефектов вентиляции, определяемый методом k-средних;

FEV1 – объем форсированного выдоха за одну секунду;

| (agantapobano no paootin [o/]) |                 |                           |       |                       |       |                           |       |                    |
|--------------------------------|-----------------|---------------------------|-------|-----------------------|-------|---------------------------|-------|--------------------|
|                                | Technegas SPECT |                           |       | <sup>129</sup> Xe MPT |       |                           |       |                    |
|                                | VPI             | <b>)</b> <sub>T</sub> , % | VPD   | ) <sub>K</sub> , %    | VPI   | <b>)</b> <sub>T</sub> , % | VPL   | O <sub>K</sub> , % |
|                                | r               | p                         | r     | p                     | r     | p                         | r     | p                  |
| Возраст                        | 0,02            | 0,91                      | 0,04  | 0,80                  | -0,24 | 0,13                      | 0,28  | 0,07               |
| FEV1%                          | -0,26           | 0,12                      | -0,26 | 0,09                  | -0,55 | 0,0002                    | -0,35 | 0,03               |
| FVC%                           | -0,08           | 0,60                      | -0,16 | 0,31                  | -0,26 | 0,10                      | -0,19 | 0,24               |
| FEV1/FVC, %                    | -0,38           | 0,01                      | -0,28 | 0,07                  | -0,43 | 0,005                     | -0,46 | 0,002              |
| DL <sub>co</sub> %             | -0,61           | <0,0001                   | -0,52 | 0,0005                | -0,37 | 0.02                      | -0,68 | <0,0001            |

Таблица 3 Сравнение оценки дефектов вентиляции методами Technegas SPECT и <sup>129</sup>Xe MPT (адаптировано из работы [57])

Примечание: Жирным шрифтом выделены значения статистической значимости на уровне р <0,05

FVC – форсированная жизненная емкость легких;

 $\mathrm{DL}_{\mathrm{co}}$  – способность к диффузии монооксида углерода.

МРТ на <sup>129</sup>Хе выполняется в условиях задержки дыхания, хотя также применяются динамические протоколы с несколькими вдохами [58]. Пациентов учат вдыхать газовую смесь с пассивным конечным выдохом или задержкой дыхания во время получения изображения, что может занять от 5 до 16 секунд. МРТ легких на <sup>129</sup>Хе может включать статическую вентиляцию легких, методы диффузионного взвешивания или изучение растворенной фазы. Чаще всего регистрируются изображения статической вентиляции <sup>129</sup>Хе МРТ, и это дает региональные карты распределения газа в легких [59].

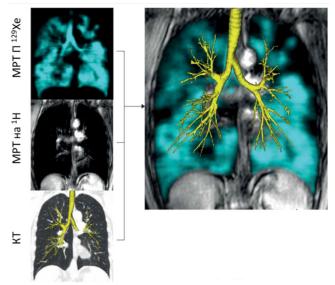
На рис. 1 представлены изображение легких при проведении ГП <sup>129</sup>Хе МРТ (голубой цвет) и изображение легких при протонной (<sup>1</sup>H) МРТ (оттенки серого). Соответствующий срез, полученный методом компьютерной томографии, также показан на рис. 1 – добавлено трехмерное сегментированное дерево дыхательных путей (желтый цвет) для демонстрации структурно-функциональных взаимосвязей.

В обширном обзоре [60] показано, что визуализация вентиляции легких с помощью МРТ на <sup>129</sup>Хе чрезвычайно чувствительна к обструктивным заболеваниям легких, демонстрируя повышенную неоднородность вентиляции у пациентов с хронической обструктивной болезнью легких (ХОБЛ), астмой, муковисцидозом, немелкоклеточным раком легкого (см. рис. 2).

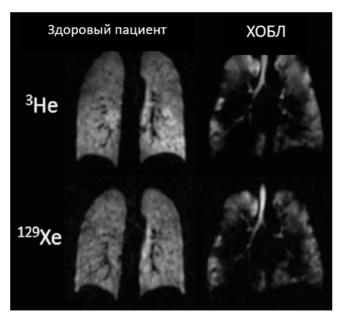
В исследовании [60] подчеркнуто, что быстрая МРТ-визуализация на ГП <sup>129</sup>Хе позволяет визуализировать вентиляцию и картировать скорость потока газа в основных дыхательных

путях, дополняет клинический тест функции легких с многократным выдохом, что обеспечивает полную количественную визуализацию фракционной вентиляции легких.

Оценка применения МРТ на ГП <sup>129</sup>Хе у детей представлена в работе [61], где были обследованы 77 человек с четырьмя группами заболеваний педиатрического профиля. Найдено, что параметры газообмена различались у здоровых детей и взрослых, включая вентиляцию легких (0,75 и 0,67) и соотношение "эритроциты – барьер" (RBC-barrier) (0,31 и 0,46), которые



**Рис. 1.** Сопоставление изображений легких: слева – МРТ на ГП <sup>129</sup>Хе (голубой цвет), стандартная МРТ на протонах (1H) и компьютерная томография дыхательных путей (КТ) (желтый цвет); справа – совмещение всех трех изображений. Адаптировано из работы [59]



**Рис. 2.** Визуализация вентиляции легких с помощью MPT на <sup>3</sup>He и <sup>129</sup>Xe здорового человека и пациента с XOБЛ. Адаптировано из работы [60]

также коррелировали с возрастом (р=-0,76 и 0,57 соответственно). У пациентов, перенесших трансплантацию костного мозга, была нарушена вентиляция легких (90 % от исходного уровня) и увеличено стандартное отклонение растворенного <sup>129</sup>Хе (242 %). У пациентов с бронхолегочной дисплазией было снижено барьерное поглощение (69 %). У пациентов с муковисцидозом наблюдалось нарушение вентиляции легких (91 %) и повышенный перенос эритроцитов (146 %). Наконец, у пациентов с интерстициальным заболеванием легких в детском возрасте наблюдалась повышенная неоднородность вентиляции (113 %).

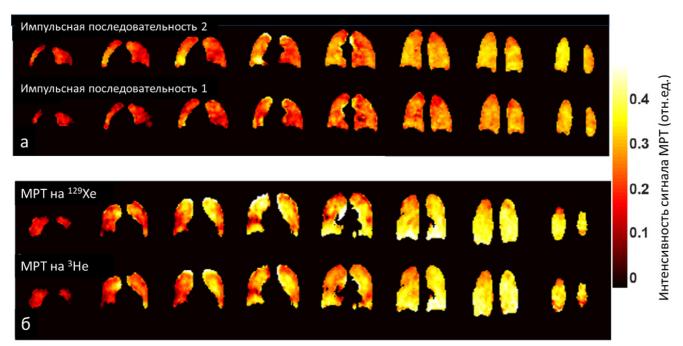
Многократное промывание дыхательных путей индикаторным газом (MBW, Multiple

breath washout) — это метод определения функции легких для измерения неоднородности вентиляции. Метод MBW был разработан более 60 лет назад, но мало использовался в течение многих десятилетий. Технические усовершенствования, простота протоколов и более высокая чувствительность по сравнению со стандартными тестами функции легких при некоторых группах заболеваний привели к недавнему возрождению MBW [63, 64]. Стандартная процедура MBW отслеживает снижение концентрации остаточного  $N_2$  или индикаторного газа SF<sub>6</sub> во рту, в то время как испытуемые вдыхают кислород или воздух в течение нескольких минут [65]. В исследовании [62] показано, что инновационная MBW-I с использованием инертных индикаторных газов –  $\Gamma\Pi$  <sup>3</sup>He и <sup>129</sup>Xe, является чувствительным маркером функциональных изменений в мелких дыхательных путях (<2 мм) [62].

В этой работе количественные измерения фракционной вентиляции по данным визуализации многократного вымывания дыхания с использованием МРТ на ГП <sup>3</sup>Не и <sup>129</sup>Хе (MBW-I) с применением двух вариантов последовательностей радиочастотных импульсов: типа 1 - с искаженным градиентным эхо-сигналом (в оригинале – SPGR) и типа 2 – с трехмерной сбалансированной стационарной свободной прецессией (в оригинале - bSSFP). Семь здоровых субъектов были обследованы с использованием МРТ на контрастном агенте <sup>3</sup>Не при процедурах MBW-I с обоими типами последовательностей радиочастотных импульсов. Пятеро из них позже подверглись обследованиям по программе MBW-I с применением MPT на <sup>129</sup>Хе при использовании только последовательности импульсов типа 2 (см. табл. 4). Данные МРТ от обоих ядер регистрировались в одном и том же положении объекта, давая тем самым возможность

Таблица 4
Параметры зондирующих сигналов при многократном вымывании дыхания MBW-I
(адаптировано из работы [62])

|                       | Исследо         | вание 1         | Исследование 2  |                             |  |
|-----------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------------------|--|
| Параметр              | Последователь-  | Последователь-  | Последователь-  | Последователь-              |  |
| Параметр              | ность импульсов | ность импульсов | ность импульсов | ность импульсов             |  |
|                       | типа 1 (³He)    | типа 2 (³He)    | типа 2 (³He)    | типа 2 ( <sup>129</sup> Xe) |  |
| Время повторения      | 2,5             | 1,6             | 1,4             | 2,9                         |  |
| импульса, мс          | 2,3             | 1,0             | 1,4             | 2,3                         |  |
| Время эхо-сигнала, мс | 0,75            | 0,6             | 0,4             | 0,9                         |  |
| Доза                  |                 |                 |                 |                             |  |
| гиперполяризованного  | 200             | 100             | 200             | 600                         |  |
| газа, мл              |                 |                 |                 |                             |  |
| Длительность          | 500             | 500             | 200             | 200                         |  |
| импульса, мс          | 300             | 300             | 200             | 200                         |  |
| Время сканирования, с | 1,7             | 1,1             | 0,9             | 2,0                         |  |



**Рис. 3.** Сравнительные карты фракционной вентиляции, полученные при процедуре MBW-I: a-c использованием MPT на  $\Gamma\Pi$  <sup>3</sup>He при последовательностях радиочастотных импульсов типа 2 и типа 1 (субъект 6); b-c использованием MPT на как  $\Gamma\Pi$  <sup>129</sup>Xe, так и на  $\Gamma\Pi$  <sup>3</sup>He при последовательности радиочастотных импульсов типа 2 (субъект 3). Адаптировано из работы [62]

прямого сравнения региональной информации от разных контрастных агентов. Визуализация по методу MBW-I с MPT на  $^{129}$ Хе была проведена с только с помощью последовательности импульсов типа 2. Региональные количественные показатели вентиляции, полученные с помощью МРТ на <sup>3</sup>Не и <sup>129</sup>Хе, хорошо коррелировали у всех испытуемых (р<0,001) со средними коэффициентами корреляции Пирсона r=0,61 для случая <sup>3</sup>Не (сравнение последовательностей импульсов типа 1 и типа 2) и r=0,52 при сравнении MPT на <sup>129</sup>Хе и <sup>3</sup>Не при последовательностях импульсов типа 2 (см. рис. 3). Средняя разница между субъектами (и стандартное отклонение) при фракционной вентиляции легких в сравнениях результатов МРТ на последовательностях типа 1 и 2 составила 15 % (28 %) соответственно, а для MPT на  $^{129}$ Xe и  $^{3}$ He составила 9 % (38 %) соответственно.

Сделано заключение, что улучшенная чувствительность в процедуре MBW-I может быть достигнута с помощью более эффективной MPT с последовательностью радиочастотных импульсов типа 2.

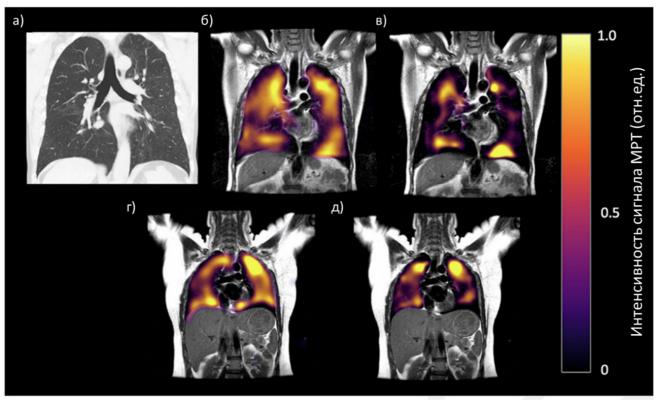
#### ковид-19

Анализ материалов только двух конференций 2023 г. по функциональной визуализа-

ции органов дыхания [66, 67] показывает, что на сегодняшний день применение ГП ксенона направлено, прежде всего, на изучение заболеваний дыхательных путей, в том числе и постковидных остаточных явлений в легких. Кроме материалов конференций в профильных печатных изданиях появилось достаточное число оригинальных публикаций, посвященных исследованиям постковидных явлений [68–70]. Характерные особенности визуализации органов дыхания с применением ГП ксенона, представленные в работе [68], показаны на рис. 4.

Авторы публикации [31] обнаружили, что у пациентов с COVID-19 наблюдаются более высокая частота нарушений вентиляции легких (5,9 % против 3,7 %) без изменений их микроструктуры и более длительное время газокровообмена (43,5 мс против 32,5 мс) по сравнению со здоровыми людьми. Приведенные данные свидетельствуют о том, что регионарная вентиляция и размеры альвеолярного воздушного пространства относительно нормальны во время выписки, в то время как функция газокровообмена снижена. Это исследование устанавливает возможность проведения локализованных измерений функции легких у пациентов с COVID-19 и их потенциальную по-

100 ОБЗОР



**Рис. 4.** Изображения грудной клетки у 60-летнего пациента с одышкой в анамнезе после COVID-19 через 172 дня после выписки; верхний ряд: а) КТ, б) газовая вентиляция на МРТ с ГП ксеноном-129, в) МРТ с ГП ксеноном-129 на эритроцитах; нижний ряд – МРТ-изображения грудной клетки здорового добровольца: г) при газовой вентиляции, д) на эритроцитах. МРТ-изображения показаны в корональной проекции для обоих людей, при этом у постковидного пациента видны разрушенные эритроциты. Адаптировано из работы [68]

лезность в качестве дополнения к структурной визуализации

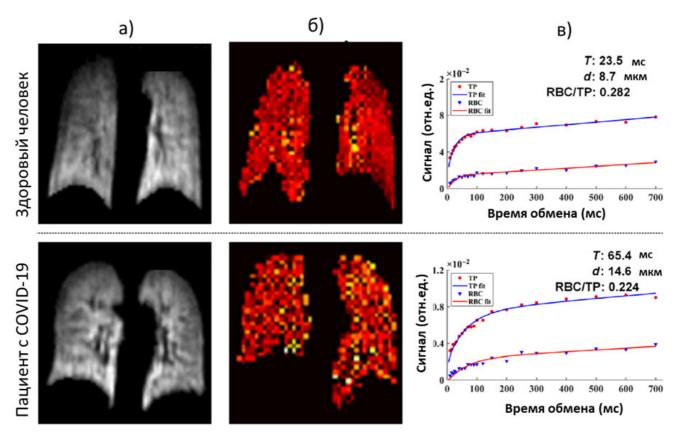
Все МРТ-изображения были получены с использованием газовой смеси, содержащей 2% ГП ксенона (86% изотопа <sup>129</sup>Хе), 88% <sup>4</sup>Не и 10% N<sub>2</sub>) [31]. Перед экспериментами с магнитно-резонансной томографией испытуемый вдыхал 1 литр газовой смеси (5% ксенона + 95% N<sub>2</sub>) для калибровки. После этого испытуемый вдыхал 1 литр газовой смеси (40% ксенона + 60% N<sub>2</sub>) для измерений функции вентиляции легких, функции газообмена и параметров микроструктуры соответственно. Пациенты находились в МРТ-сканере менее 15% мин; продолжительность каждого ксенонового МРТ-сканирования составляла менее 15% с. Типичные результаты приведены на рис. 5.

Показано, что как здоровые, так и выписанные пациенты демонстрируют хорошую вентиляционную функцию и микроструктуру. Показатели процента дефектов вентиляции (VDP), полученные из карт вентиляции, сопо-

ставимы у обеих групп. Однако функция газообмена, измеренная по кривым восстановления растворенного Xe, у выписанных пациентов с COVID-19 показала очевидные различия по сравнению со здоровыми субъектами. Так, параметры функции газообмена, полученные из кривых восстановления ксенона у здоровых испытуемых по сравнению с выписанными пациентами, составили T=23.5 мс против 65.4 мс, d=8.7 мкм против 14.6 мкм,  $H_{ct}=0.260$  против 0.225 и RBC/TP=0.282 против 0.224. Таким образом выявлены патологии, не определяемые с помощью КТ-диагностики, и подтверждается преимущество использования ГП ксенона в исследованиях легких.

#### хобл

В работе [71] исследована возможность применения MPT с ксеноном-129 для определения регионарного и физиологического ограничения диффузионной способности при хронической обструктивной болезни легких



**Рис. 5.** Результаты MPT и магнито-резонансной спектроскопии легких с использованием ГП <sup>129</sup>Хе для здорового субъекта и выписанного пациента после COVID-19: а) карты вентиляции; б) карты кажущегося коэффициента диффузии, (в) кривые восстановления растворенного Хе. Здесь Т – постоянная времени обмена; d – общая толицина перегородки; RBC/TP есть соотношение ксенонового сигнала от эритроцитов и интерстициальной ткани/плазмы. Адаптировано из работы [31]

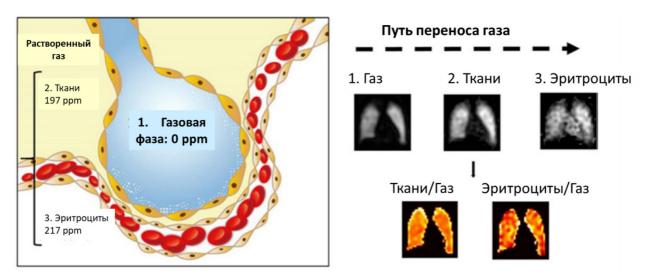
(ХОБЛ). Обследовано 34 пациента с ХОБЛ и 11 здоровых добровольцев. Сообщено о значительных корреляциях между аномалией воздушного потока, количественно определяемой с помощью МРТ на ГП  $^{129}$ Хе, и процентом прогнозируемого ОФВ1, способностью ГП  $^{129}$ Хе переносить газ к эритроцитам и способностью к диффузии монооксида углерода (DL $_{\rm co}$ %). Продемонстрирована способность МРТ с  $^{129}$ Хе выявлять различную патологию, лежащую в основе ХОБЛ, у пациентов с низким процентом DL $_{\rm co}$  и минимальной эмфиземой (см. рис. 6).

Поскольку МРТ-изображения в трех частях легких получаются одновременно и по своей сути регистрируются совместно [71], были созданы следующие карты: соотношение ткани к газу, отражающее плотность легочной ткани, и соотношение эритроцитов (RBC) к газу, отражающее общую эффективность перено-

са газа из альвеолярных воздушных пространств в кровь.

В пилотном исследовании [72] авторы использовали несколько методов визуализации, включая компьютерную томографию, перфузионную МРТ с контрастными веществами на основе гадолиния [73] и МРТ с ксеноном-129, для проведения детального исследования изменений морфологии и функций легких при ХОБЛ. В когорте испытуемых были четыре пациента с ХОБЛ и четыре здоровых человека (контроль). Измерены плотность легочной ткани с помощью компьютерной томографии, показатели перфузии с помощью МРТ с контрастом на основе гадолиния, а также показатели вентиляции и поглощения газа с помощью МРТ с ксеноном-129 (см. рис. 7).

В этой работе не было обнаружено существенных различий по всем показателям среди пяти долей легких ни в группе ХОБЛ, ни в группе контроля, но установлены сильные корреля-



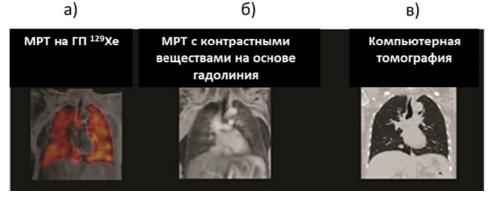
**Рис. 6.** Путь переноса вдыхаемого ксенона-129 в легких человека. Он начинается с газовой фазы (0 частей на млн) в альвеолах до растворения в паренхиме легких и плазме (ткани, 197 частей на млн), а затем газ переходит в эритроциты (RBC, 217 частей на млн). Адаптировано из работы [71]

ции между показателями вентиляции и перфузии. Степень поглощения газа кровью, измеренная с помощью МРТ с ксеноном-129, показала сильную корреляцию с плотностью тканей при КТ и показателями вентиляции (r>0,5 или <-0,5, p<0,001) и умеренную или сильную корреляцию с показателями перфузии (r>0,4 или <-0,5, p<0,01). У пациентов с ХОБЛ были обнаружены четыре отличительных паттерна функциональных нарушений. Сделано заключение, что МРТ с ксеноном-129 обладает высоким потенциалом для однозначной идентификации множественных изменений в физиологии легких при ХОБЛ с использованием однократной регистрации задержки дыхания.

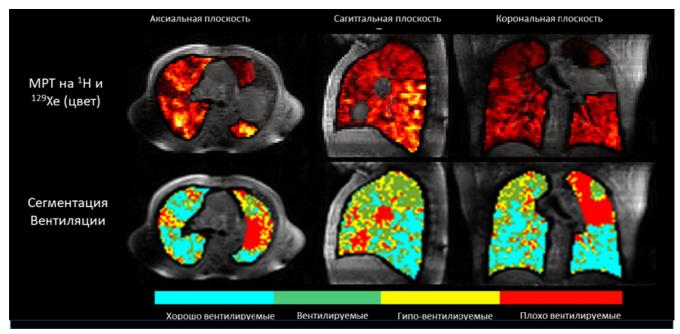
# Перспективные направления развития ксеноновой MPT

#### Рак легких

В настоящее время рак легких во всем мире является наиболее часто диагностируемым видом рака (11,6 % всех случаев). Это также ведущая причина смерти от рака как среди мужчин, так и среди женщин, которая в 2020 г. составила 18,4 % всех случаев смерти от рака (около 1,7 млн) в 2020 г. [74]. Более чем половине пациентов с раком легких рекомендуется лучевая терапия, включающая как монотерапию, так и адъювантную лучевую терапию [75].



**Рис. 7.** Репрезентативные долевые сегментации легких: а) изображение МРТ на ГП <sup>129</sup>Хе, наложенное на протонное изображение, б) изображение перфузионной МРТ с контрастом на основе Gd, (в) результаты компьютерной томографии, полученные примерно для одного и того же положения тела. Адаптировано из работы [72]



**Рис. 8.** Верхний ряд: МРТ-изображения с использованием  $\Gamma\Pi^{129}$ Хе (цветные), наложенные на протонные МРТ-изображения (оттенки серого) пациента P1 (мужчина 60 лет, стадия заболевания  $T_3N_3M_0$ ). Нижний ряд: сегментация легких на четыре кластера по интенсивности сигнала МРТ-изображений с  $\Gamma\Pi^{129}$ Хе. Хорошо вентилируемые, вентилируемые, гиповентилируемые и плохо вентилируемые области показаны голубым, зеленым, желтым и красным цветами соответственно. Адаптировано из работы [8]

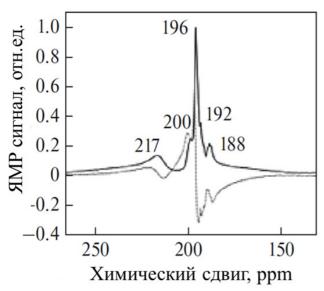
Радиационно-индуцированное повреждение легких (RILI) является самым распространенным осложнением у пациентов, получающих облучение легких: у пациентов с раком легких (от 5 % до 25 % случаев), проходивших лучевую терапию, развивается пневмонит, обычно возникающий через 4–12 недель после лечения [76]. RILI является распространенным побочным эффектом у пациентов с немелкоклеточным раком легкого (NSCLC), получающих лучевую терапию. Сведение к минимуму облучения высокофункциональных областей легкого может снизить частоту возникновения RILI.

Целью исследования [8] стала оценка осуществимости и полезности использования МРТ с ксеноном-129 для планирования лучевой терапии пациентов с NSCLC. Были обследованы десять пациентов в возрасте от 46 до 72 лет, каждый из которых прошел имитационную компьютерную томографию (КТ) и МРТ с ксеноном-129, затем получил дозу 64 Гр в 32 фракциях лучевой терапии. Для каждого пациента были составлены два плана лучевой терапии с модуляцией интенсивности: анатомический план, основанный только на КТ (план А), и функциональный план, основанный на результатах КТ и МРТ (план F). Легочные объемные

дозы облучения  $V_{\rm 20Gy}$ ,  $V_{\rm 10Gy}$ ,  $V_{\rm 5Gy}$  и средняя доза облучения ( $D_{\rm mean}$ ) сравнивались между двумя планами. Было продемонстрировано, что планирование функциональной лучевой терапии с использованием МРТ с ГП ксеноном-129 осуществимо и имеет высокий потенциал для определения минимального радиационного воздействия в хорошо вентилируемых областях легких (см. рис. 8): при плане А средняя доза облучения равнялась  $D_{\rm mean}$ =7,0±2,8 Гр, тогда как при плане F она составляла  $D_{\rm mean}$ =6,3±2,0 Гр на уровне достоверности p=0,055.

#### Исследования мозга

Появление гиперполяризованных ксенона-129 и гелия-3 в первую очередь дали толчок в исследованиях легочных заболеваний. Однако, практически с самого начала была указана возможность использования ГП ксенона для исследования и других тканей и органов, в том числе и мозга [77]. Действительно, ксенон прекрасно растворяется в воде, а следовательно, и в физиологическом растворе, в крови и, что крайне важно, – в различных тканях, включая, как выяснилось, ткани головного мозга. Крайне важно и то, что в различном окружении резонансная частота ксенона-129 имеет различ-



**Рис. 9.** Химические сдвиги в спектре ЯМР на ксеноне-129. Адаптировано из работы [78]

ный химический сдвиг, что позволяет выделять в MPT-изображениях различные зоны, границы зон и их состояние.

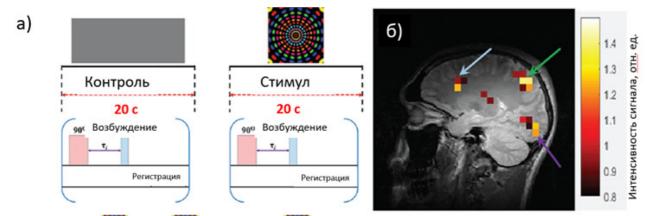
Совершенствование аппаратуры уже привело, как было подчеркнуто в обзоре [21], к получению впечатляющих результатов. Так, в работе [78] *in vivo* изучался ЯМР-спектр высокого разрешения, химический сдвиг и анализировались МРТ-изображения, полученные с помощью ГП <sup>129</sup>Хе, "растворенного" в мозге человека. Для этого проводилась ингаляция, после которой ксенон попадал в кровоток и далее по кровеносным сосудам достигал мозга, где растворялся в различных его зонах. Наблюдалось пять пиков 188, 192, 196, 200 и 217 ррт (см. рис. 9).

Разные пики отвечают разному окружению, т.е разному биохимическому составу тканей: 188 ррт - ткань в мышце щеки и среднем стволе мозга; 192 ррт - белое вещество мозга и хрящевая мягкая ткань; 196 ррт серое вещество; 200 ррт - плазма крови и цереброспинальная жидкость; 217 ррт – эритроциты. Результаты этой работы открыли широкие перспективы исследования мозга с помощью ЯМР-спектроскопии и визуализации с ГП ксеноном [20]. Например, МРТ на ГП 129Хе, как показано в исследовании [79], является отличным безинъекционным средством для визуализации перфузии мозговой ткани. Предложенный способ визуализирует поступление вдыхаемого газообразного ксенона во внесосудистый отдел ткани головного мозга через неповрежденный гематоэнцефалический барьер. Такой уровень чувствительности недоступен при использовании современных методов магнитно-резонансной томографии.

Измерения перфузии могут предоставить жизненно важную информацию о гомеостазе органа и, следовательно, могут использоваться в качестве биомаркеров для диагностики различных сердечно-сосудистых, почечных и неврологических заболеваний. В настоящее время наиболее распространенными методами измерения перфузии являются позитронно-эмиссионная томография на 15О (ПЭТ), компьютерная томография с усилением ксенона (СТ\_ХЕ), однофотонная эмиссионная компьютерная томография (SPECT), MPT с динамическим контрастированием (DCE) и МРТ с маркировкой артериального давления (ASL) [80, 81]. Альтернативный работе [79] подход реализован в исследовании [81], где показано, как регионарная перфузия может быть количественно измерена с помощью МРТ с использованием деполяризации магнитных моментов  $\Gamma\Pi$  <sup>129</sup>Xe с временным разрешением (Time-of-Flight - TOF). Во время задержки дыхания были получены три динамических проекционных изображения мозга, задержки при МРТ были равны 2,5, 6,7 и 7,1 с. Перфузия в головном мозге рассчитывалась на основе динамических <sup>129</sup>Хе ТОF изображений, используя модифицированную версию модели поглощения ГП  $^{129}$ Хе [82]. Продемонстрировано успешное применение этого подхода для выявления изменений в мозговом кровотоке, обусловленных гемодинамической реакцией в ответ на стимулы головного мозга. Предложенный в [81] метод время-пролетной МРТ на ГП <sup>129</sup>Xe (ТОF) позволил получить карты гемодинамического ответа. Наблюдались реакции на зрительные и моторные стимулы.

Найдено, что полученные методом ТОF карты гемодинамического ответа хорошо коррелируют с традиционной функциональной MPT (BOLD fMRI [83]), зависящей от уровня оксигенации крови (см. рис. 10).

В целом, это исследование расширяет область применения ГП-МРТ на ядрах <sup>129</sup>Хе с помощью нового метода динамической визуализации, подходящего для быстрой и количественной визуализации перфузии.



**Рис. 10.** Определение гемодинамической реакции на красочный визуальный стимул с использованием перфузионного картирования МРТ на ГП <sup>129</sup>Хе, подтвержденного методом функциональной МРТ головного мозга (fMRI): а) экспериментальный дизайн, используемый для определения гемодинамической реакции, б) карта реакции гемодинамики, созданная путем вычитания контрольной перфузионной карты из карты стимулированной перфузии и наложенной поверх протонного сканирования с высоким разрешением (серый цвет). Активация затылочной доли, наблюдалась верхняя теменная доля и лобная извилина. Активированные области обозначены цветными стрелками. Адаптировано из работы [80]

#### Заключение

В здравоохранении Великобритании, США, Канады и КНР уже сейчас есть возможность обеспечить клиники техническими средствами для проведения МРТ на ГП 129Хе, которая используется как мощное диагностическое средство в пульмонологии.

Российское здравоохранение пока не имеет возможности проводить подобную диагностику и исследования. Российская промышленность не производит оборудования для ксеноновой MPT.

В конце 2023 г. НИИЭФА (Санкт-Петербург) была продемонстрирована первая отечественная установка по наработке ГП ксенона-129 с производительностью около 1 л/час, что вполне достаточно для клинических применений. Первые испытания данной установки при МРТ диагностике были проведены в Казани в КФТИ КазНЦ РАН.

Работа выполнена в рамках Программы деятельности федерального государственного бюджетного учреждения "Национальный исследовательский центр "Курчатовский институт" на 2023–2027 годы по направлению 4 "Исследования и разработки по развитию применения ядерных технологий в медицине" – Прикладные исследования в области разработки новых технологий наработки перспективных радионуклидов и стабильных изотопов.

Авторы декларируют отсутствие конфликтов интересов, связанных с рукописью.

## Список литературы

- 1. Окладников СМ, Никитина СЮ, Александрова Г.А. и др. Здравоохранение в России. Росстат, Москва: Федеральная служба государственной статистики Российской Федерации; М., 2023:179 с.
  - Okladnikov SM, Nikitina SY, Aleksandrova GA, et al. Healthcare in Russia. Rosstat, Moscow: Federal State Statistics Service of the Russian Federation; Moscow, 2023:179 p. (In Russ.).
- 2. Быстрицкая ЕВ, Биличенко ТН. Заболеваемость, инвалидность и смертность от болезней органов дыхания в Российской Федерации (2015–2019). Пульмонология. 2021; 31 (5): 551-61.
  - Bystritskaya EV, Belichenko TN. Morbidity, disability and mortality from respiratory diseases in the Russian Federation (2015-2019). Pulmonology. 2021; 31 (5): 551-61 (In Russ.). https://doi.org/10.18093/0869-0189-2021-31-5-551-561/.
- 3. Котляров ПМ, Лагкуева ИД, Сергеев НИ, и др. Магнитно-резонансная томография в диагностике заболеваний легких. Пульмонология. 2018; 28 (2): 217-23. Kotlyarov PM, Lagkueva ID, Sergeev NI, et al. Magnetic resonance imaging in the diagnosis

of lung diseases. Pulmonology. 2018; 28 (2):

217-23 (In Russ.) https://doi.org/ 10.18093/0869-0189-2018-28-2-217-233.

- 4. Doganay O, Chen M, Matin T, et al. Magnetic resonance imaging of the time course of hyperpolarized 129Xe gas exchange in the human lungs and heart. Eur Radiol. 2019; 29 (5): 2283-92. https://doi.org/10.1007/s00330-018-5853-9.
- Matin TN, Rahman N, Nickol AN, et al. Chronic Obstructive Pulmonary Disease: Lobar Analysis with Hyperpolarized 129Xe MR Imaging. Radiology. 2017; 282 (3): 857-68. https://doi.org/0.1148/radiol.2016152299.
- Grist JT, Collier GJ, Walters H, et al. Lung Abnormalities Detected with Hyperpolarized <sup>129</sup>Xe MRI in Patients with Long COVID. Radiology. 2022; 305 (3): 709-17. https://doi.org/10.1148/radiol.220069.
- 7. Rayment JH, Couch MJ, McDonald N, et al. Hyperpolarised <sup>129</sup>Xe magnetic resonance imaging to monitor treatment response in children with cystic fibrosis. Eur Respir J. 2019; 53 (5): 1802188. https://doi.org/10.1183/13993003.02188-2018.
- 8. Yi Ding, Lu Yang, Qian Zhou, et al. A pilot study of function-based radiation therapy planning for lung cancer using hyperpolarized xenon-129 ventilation MRI. J Appl Clin Med Phys. 2022; 23 (3): e13502. https://doi.org/10.1002/acm2.13502.
- 9. Barskiy DA, Coffey AM, Nikolaou P, et al. NMR Hyperpolarization Techniques of Gases. Chemistry. 2017; 23: 725-51. https://doi.org/10.1002/chem.201603884.
- 10. Meersmann T, Brunner E, editors. Hyperpolarized <sup>129</sup>Xe Magnetic Resonance: Concepts, Production, Techniques and Applications. Cambridge: Royal Society of Chemistry; 2015. 484 p. https://doi.org/10.1039/9781782628378/.
- 11. Hirsch ML, Kalechofsky N, Belzer A, et al. Brute-Force Hyperpolarization for NMR and MRI. J Am Chem Soc. 2015; 137 (26): 8428-34. https://doi.org/10.1021/jacs.5b01252.
- 12. Walker TG, Happer W. Spin-exchange optical pumping of noble-gas nuclei. Rev. Mod. Phys. 1997; 69: 629-42. https://doi.org/10.1103/RevModPhys.69.629.
- 13. Hughes-Riley T., Six JS, Lilburn DML et al. Cryogenics free production of hyperpolarized <sup>129</sup>Xe and <sup>83</sup>Kr for biomedical MRI applications. J Magn Reson. 2013; 237: 23-33. https://doi.org/10.1016/j.jmr.2013.09.008.
- 14. Tamski M, Milani J, Roussel C, et al. Electrochemical Overhauser dynamic nuclear polarization.

- Phys.Chem.Chem.Phys. 2020; 22: 17769-76. https://doi.org/10.1039/d0cp00984a.
- 15. Ward KM, Aletras AH, Balaban RS. A new class of contrast agents for mri based on proton chemical exchange dependent saturation transfer. J Magn Reson. 2000; 143(1): 79-87. https://doi.org/10.1006/jmre.1999.1956.
- 16. Mok KH, Hore PJ. Photo-CIDNP NMR methods for studying protein folding. Methods. 2004; 34(1): 75-87. https://doi.org/10.1016/j.ymeth.2004.03.006.
- 17. Adams RW, Aguilar JA, Atkinson AD, et al. Reversible Interactions with para-Hydrogen Enhance NMR Sensitivity by Polarization Transfer. Science. 2009; 323: 1708-11. https://doi.org/10.1126/science.1168877.
- 18. Vaneeckhaute E, De Ridder S, Tyburn JM, et al. Long term Generation of Longitudinal Spin Order Controlled by Ammonia Ligation Enables Rapid SABRE Hyperpolarized 2D NMR. Chemphyschem. 2021; 22 (12): 1170-7. https://doi.org/10.1002/cphc.202100079.
- 19. Albert MS, Hane FT, editors. Hyperpolarized and Inert Gas MRI: From Technology to Application in Research and Medicine Amsterdam: Elsevier; 2017: 312 p. https://doi.org/10.1016/C2014-0-05022-8.
- 20. Happer W, Yuan-Yu Jau , Walker T. Optically Pumped Atoms Weinheim: WILEY-VCH Verlag GmbH& Co. KGaA; 2010: 246 p. ISBN: 978-3-527-62950-3.
- 21. Григорьев ГЮ, Набиев ШШ. Получение и применение спин-поляризованных изотопов благородных газов. Химическая физика. 2018; 37(5): 3-18. Grigoriev GY, Nabiev SS. Production and application of spin-polarized isotopes of noble gases. Russian Journal of Physical Chemistry B. 2018; 12 (3): 363-77 (In Russ.) https://doi.org/10.7868/S0207401X18050011.
- 22. Григорьев ГЮ, Лагутин АС. Методы получения поляризованного ксенона для магнитнорезонансной томографии (обзор). Журнал технической физики. 2022; 92(9): 1277-99. Grigoriev GY, Lagutin AS. Methods for obtaining polarized xenon for magnetic resonance imaging (review). Technical Physics. 2022; 92 (9): 1089-110 (In Russ.) https://doi.org/10.21883/JTF.2022.09.52919.65-22.
- 23. Применение ксенона в клинической практике. Сборник методических рекомендаций, Ред. Потапов АВ. М.: НКО АСМГ, 2019. 83 с. https://tmexpo.ru/wp-content/uploads/2021/10/SBORNIK-Ksenon-v-kliniche-

- skoj-praktike.pdf.
- 24. Khan AS., Harvey RL, Birchall JR, et al. Enabling Clinical Technologies for Hyperpolarized Xenon-129 MRI and Spectroscopy. Angew Chem Int Ed Engl. 2021; 60 (41): 22126-47. https://doi.org/10.1002/anie.202015200.
- 25. Ya-Jun Ma, Saeed Jerban, Hyungseok Jang, et al. Quantitative Ultrashort Echo Time (UTE) Magnetic Resonance Imaging of Bone: An Update. Front Endocrinol (Lausanne). 2020; 11: Article 567417. https://doi.org/10.3389/fendo.2020.567417.
- 26. Recent Polarean News and Press Releases. 2023. Available from: https://polarean.com/about-polarean-imaging/news/). Accessed December 10, 2023.
- 27. HPX Hyperpolarizer. 2023. Available from: https://xenoview.net/hpx-hyperpolarizer-system/hpx-hyperpolarizer/. Accessed December 10, 2023.
- 28. XeUS Technologies Ltd. 2023. Available from: https://www.xeus-technologies.com/. Accessed December 10, 2023.
- 29. Birchall JR, Chowdhury MRH, Nikolaou P, et al. Pilot Quality-Assurance Study of a Third-Generation Batch-Mode Clinical-Scale Automated Xenon-129 Hyperpolarizer. Molecules. 2022; 27 (4): 1327. https://doi.org/10.3390/molecules27041327.
- 30. Fast Accessible uMR® 780. 2022. Available from: https://www.united-imaging.com/en/product-service/products/mr/umr-780. Accessed December 15, 2023.
- 31. Li H, Zhao X, Wang Y, et al. Damaged lung gas exchange function of discharged COVID-19 patients detected by hyperpolarized <sup>129</sup>Xe MRI. Sci. Adv. 2021; 7 (1): eabc8180. https://doi.org/10.1126/sciadv.abc8180.
- 32. Norquay G, Collier GJ, Rodgers OI, et al. Standalone portable xenon-129 hyperpolariser for multicentre clinical magnetic resonance imaging of the lungs. Br J Radiol. 2022; 95 (1132): 20210872. https://doi.org/10.1259/bjr.20210872.
- 33. XENOVIEW (xenon Xe 129 hyperpolarized), for oral inhalation. Initial U.S. Approval: 2022. Available from: https://www.accessdata.fda.gov/drugsatfda\_docs/label/2022/214375s000lbl.pdf. Accessed December 12, 2023.
- 34. Hyperpolarized Xenon MRI Clinical Research. 2022. Available from: https://polarean.com/xenon-mri-clinical-research/. Accessed December 12, 2023.

- 35. Pellegrino R, Viegi G, Brusasco V, et al. Interpretative strategies for lung function tests. Eur Respir J. 2005; 26: 948-68. https://doi.org/10.1183/09031936.05.00035205.
- 36. Ebner L, Kammerm J, Driehuys B, et al. The role of hyperpolarized 129-xenon in MR imaging of pulmonary function. Eur J Radiol. 2017; 86: 343-52. https://doi.org/v10.1016/j.ejrad.2016.09.015.
- 37. Kauczor HU, Wielputz MO, editors. MRI of the Lung: Springer; 2018. 518 p. eBook ISBN 978-3-319-42617-4.
- 38. Walkup L, Woods JC. Translational applications of hyperpolarized <sup>3</sup>He and <sup>129</sup>Xe. NMR Biomed. 2014; 27 (12): 1429-38. https://doi.org/10.1002/nbm.3151.
- 39. Hatabu H, Gaa J, Tadamura E, et al. MR imaging of pulmonary parenchyma with a half-Fourier single-shot turbo spin-echo (HASTE) sequence. Eur J Radiol. 1999; 29 (2): 152-9. https://doi.org/10.1016/s0720-048x(98) 00167-3.
- 40. Hatabu H, Alsop DC, Listerud J, et al. T2\* and proton density measurement of normal human lung parenchyma using submillisecond echo time gradient echo magnetic resonance imaging. Eur J Radiol. 1999; 29(3): 245-52. https://doi.org/10.1016/s0720-048x(98) 00169-7.
- 41. Ho-Fung Chan, Stewart NJ, Parra-Roble J, et al. Whole lung morphometry with 3D multiple b-value hyperpolarized gas MRI and compressed sensing. Magn Reson Med. 2017; 77 (5): 1916-25. https://doi.org/10.1002/mrm. 26279.
- 42. Foo C, Langton D, Thompson BR, et al. Functional lung imaging using novel and emerging MRI techniques. Front. Med. 2023; 10: 1060940, 18 p. https://doi.org/10.3389/fmed.2023.1060940.
- 43. Stewart NJ, Smith LJ, Ho-Fung Chan, et al. Lung MRI with hyperpolarised gases: current & future clinical perspectives. Br J Radiol. 2022; 95 (1132): 20210207. https://doi.org/10.1259/bjr.20210207.
- 44. Couch MJ, Ball IK, Tao Li, et al. 19F MRI of the Lungs Using Inert Fluorinated Gases: Challenges and New Developments. J Magn Reson Imaging. 2019; 49 (2): 343-54. https://doi.org/10.1002/jmri.26292.
- 45. Павлова ОС, Волков ДВ, Гуляев МВ и др. Магнитно-резонансная визуализация легких на ядрах фтора-19 с применением газа перфторциклобутана. Мед. физика. 2017; №4: 59-64.

Pavlova OS, Volkov DV, Gulyaev MV et al. Magnetic resonance imaging of the lungs on fluorine-19 nuclei with application of gas perfluorocyclobutane. Med Phys, 2017; №4: 59-64 (In Russ.).

- 46. Pavlova OS, · Anisimov NV, Gulyaev MV et al. Ventilation Study of the Human Lungs by 19F MRI at 0.5 Tesla. Applied Magnetic Resonance. 2022; 53: 1587–95. https://doi.org/10.1007/s00723-022-01488-6.
- 47. Edelman RR, Hatabu H, Tadamura E, et al. Noninvasive assessment of regional ventilation in the human lung using oxygen-enhanced magnetic resonance imaging. Nat Med. 1996; 2 (11): 1236-9. https://doi.org/10.1038/nm1196-1236.
- 48. Voskrebenzev A, Gutberlet M, Klimeљ F, et al. Feasibility of quantitative regional ventilation and perfusion mapping with phase-resolved functional lung (PREFUL) MRI in healthy volunteers and COPD, CTEPH, and CF patients. Magn Reson Med. 2018; 79 (4): 2306-14. https://doi.org/10.1002/mrm.26893.
- 49. Bauman G, Puderbach M, Deimling M, et al. Non-contrast-enhanced perfusion and ventilation assessment of the human lung by means of Fourier decomposition in proton MRI. Magn Reson Med. 2009; 62 (3): 656-64. https://doi.org/10.1002/mrm.22031.
- 50. Li Fan, Wenjie Yang, Wenting Tu, et al. Thoracic Imaging in China Yesterday, Today, and Tomorrow. (J Thorac Imaging. 2022; 37: 366-73. https://doi.org/10.1097/RTI.0000000000000000070.
- 51. Haidong Li, Zhiying Zhang, Xiuchao Zhao, et al. Quantitative evaluation of radiation-induced lung injury with hyperpolarized xenon magnetic resonance. Magn Reson Med. 2016; 76(2): 408-16. https://doi.org/10.1002/mrm.25894.
- 52. Weiwei Ruan, Jianping Zhong, Ke Wang, et al. Detection of the mild emphysema by quantification of lung respiratory airways with hyperpolarized xenon diffusion MRI. J Magn Reson Imaging. 2017; 45 (3): 879-88. https://doi.org/10.1002/jmri.25408.
- 53. Junshuai Xie, Haidong Li, Huiting Zhang, et al. Single breath-hold measurement of pulmonary gas exchange and diffusion in humans with hyperpolarized <sup>129</sup>Xe MR. NMR Biomed. 2019; 32 (5): :e4068. https://doi.org/10.1002/nbm.4068.
- 54. Kruger SJ, Nagle SK, Couch MJ, et al. Functional Imaging of the Lungs With Gas Agents. J

- Magn Reson Imaging. 2016; 43: 295-315. https://doi.org/10.1002/jmri.25002.
- 55. Niedbalski PJ, Hall CS, Castro M, et al. Protocols for multi-site trials using hyperpolarized <sup>129</sup>Xe MRI for imaging of ventilation, alveolarairspace size, and gas exchange: A position paper from the <sup>129</sup>Xe MRI clinical trials consortium. Magn Reson Med. 2021; 86 (6): 2966-86. https://doi.org/10.1002/mrm.28985.
- 56. Bajc M, Schьmichen C, Grьning T, et al. EANM guideline for ventilation/perfusion single-photon emission computed tomography (SPECT) for diagnosis of pulmonary embolism and beyond. Eur J Nucl Med Mol Imaging. 2019; 46 (12): 2429-51. https://doi.org/10.1007/s00259-019-04450-0.
- 57. Radadia N, Friedlander Y, Priel E, et al. Comparison of ventilation defects by Technegas SPECT and hyperpolarized <sup>129</sup>Xe MRI. Front Physiol. 2023; 14: 1133334. https://doi.org/10.3389/fphys.2023.1133334.
- 58. Horn FC, Rao M, Stewart NJ, et al. Multiple Breath Washout of Hyperpolarized <sup>129</sup>Xe and Multiple Breath Washout of Hyperpolarized <sup>129</sup>Xe and Steady-State Free-Precession Imaging. Magn Reson Med.. 2017; 77: 2288-95. https://doi.org/10.1002/mrm.26319.
- 59. Eddy RL, Parraga G. Pulmonary xenon-129 MRI: new opportunities to unravel enigmas in respiratory medicine. Eur Respir J. 2020; 55 (2): 1901987. https://doi.org/10.1183/13993003.01987-2019.
- 60. Marshall H, Stewart N., Ho-Fung Chan, et al In vivo methods and applications of xenon-129 magnetic resonance. Prog Nucl Magn Reson Spectrosc. 2021; 121: 42-62. https://doi.org/10.1016/j.pnmrs.2020.11.002.
- 61. Willmering M., Walkup LL, Wang H, et al. Pediatric <sup>129</sup>Xe Gas-Transfer MRI Feasibility and Applicability. J Magn Reson Imaging. 2022; 56(4): 1207-19. https://doi.org/10.1002/jmri.28136.
- 62. Horn FC, Rao M, Stewart NJ, et al. Multiple Breath Washout of Hyperpolarized №I Xe and iHe in Human Lungs With Three-Dimensional Steady-State Free-Precession Imaging. Magn Reson Med. 2017; 77: 2288-95. https://doi.org/10.1002/mrm.26319.
- 63. Usemann J, Yammine S, Singer F, et al. Inert gas washout: background and application in various lung diseases. Swiss Med Wkly. 2017; 147: w14483. https://doi.org/10.4414/smw.2017.14483.

- 64. Rayment JH, Sandoval RA, Roden JP, et al. Multiple Breath Washout Testing to Identify Pulmonary Chronic Graft Versus Host Disease in Children After Hematopoietic Stem Cell Transplantation. Transplant Cell Ther. 2022; 28: 328.e1-328.e7. https://doi.org/10.1016/j.jtct.2022.02.002.
- 65. Bell AS, Lawrence RJ, Singh D, et al. Feasibility and challenges of using multiple breath washout in COPD. Int J Chron Obstruct Pulmon Dis. 2018; 13: 2113-9. https://doi.org/10.2147/COPD.S164285.
- 66.10th IWPFI 2022 Lung Imaging Together in Hannover. 2022. Available from: https://www.iwpfi2022.com/. Accessed December 14, 2023.
- 67. The 2023 International Workshop on Pulmonary Imaging. Available from: https://www.pulmapp.com/event/the-2023-international-workshop-on-pulmonary-imaging/. Accessed December 14, 2023.
- 68. Grist JT, Chen M, Collier GJ, et al. Hyperpolarized <sup>129</sup>Xe MRI Abnormalities in Dyspneic Patients 3 Months after COVID-19 Pneumonia: Preliminary Result. Radiology 2021: 301(1): E353-E360. https://doi.org/ 10.1148/radiol.2021210033.
- 69. Saunders LC, Collier GJ, Ho-Fung Chan, et al. Longitudinal Lung Function Assessment of Patients Hospitalized With COVID-19 Using <sup>1</sup>H and <sup>129</sup>Xe Lung MR. Chest. 2023; 164 (3): 700-716. https://doi.org/10.1016/j.chest.2023.03.024.
- 70. Alghamdi F, Owen R, Ashton REM, et al. Postacute COVID syndrome (long COVID): What should radiographers know and the potential impact for imaging services. Radiography (Lond). 2022; 28: S93-S99. https://doi.org/10.1016/j.radi.2022.08.009.
- 71. Myc L, Kun Qing, Mu He, et al. Characterisation of gas exchange in COPD with dissolved-phase hyperpolarised xenon-129 MRI. Thorax. 2021; 76 (2): 178-81. https://doi.org/10.1136/thoraxinl-2020-214924.
- 72. Qing K, Tustison NJ, Mugler II JP, et al. Probing changes in lung physiology in COPD using CT, perfusion MRI and hyperpolarized xenon-129 MRI. Acad Radiol. 2019; 26(3): 326-34. https://doi.org/10.1016/j.acra.2018.05.025.
- 73. Heshmatzadeh Behzadi A, Mcdonald J. Gadolinium based contrast agents for imaging of the central nervous system: a multicenter European prospective study. Medicine. 2022; 101 (34): (e30163). http://dx.doi.org/10.1097/MD.00000000000030163.

- 74. WHO Report on cancer. 2020. Available from https://www.who.int/publications/i/item/9 789240001299. Accessed December 12, 2023.
- 75. Hanania AN, Mainwaring W, Ghebre YT, et al. Radiation-Induced Lung Injury: Assessment and Management. Chest. 2019; 156 (1): 150-62. https://doi.org/10.1016/j.chest.2019.03.033.
- 76. Giuranno L, Ient J, De Ruysscher D, et al. Radiation-Induced Lung Injury (RILI). Front Oncol. 2019; 6 (9): 877. https://doi.org/10.3389/fonc.2019.00877.
- 77. Swanson S, Rosen MS, Agranoff B, et al. Brain MRI with laser-polarized <sup>129</sup>Xe. Magn Reson. Med. 1997; 38 (5): 695-8. https://doi.org/10.1002/mrm.1910380503.
- 78. Rao M, Stewart NJ, Norquay G, et al. High resolution spectroscopy and chemical shift imaging of hyperpolarized 129Xe dissolved in the human brain in vivo at 1.5 tesla. Magn Reson Med. 2016; 75 (6): 2227-34. https://doi.org/10.1002/mrm.26241.
- 79. Rao MR, Stewart NJ, Griffith PD, et al. Imaging human brain perfusion with inhaled hyperpolarized <sup>129</sup>Xe MR imaging. Radiology. 2018; 286: 659-65. https://doi.org/10.1148/radiol. 2017162881.
- 80. Shepelytskyi Y, Grynko V, Rao M, et al. Hyperpolarized <sup>129</sup>Xe imaging of the brain: Achievements and future challenges. Magn Reson Med. 2022; 88: 83-105. https://doi.org/10.1002/mrm.29200.
- 81. Shepelytskyi Y, Hane FT, Grynko V, et al. Hyperpolarized <sup>129</sup>Xe Time-of-Flight MR Imaging of Perfusion and Brain Function. Diagnostics (Basel). 2020, 10 (9), 630. https://doi.org/10.3390/diagnostics10090630.
- 82. Kilian W, Seifert F, Rinneberg H. Dynamic NMR Spectroscopy of Hyperpolarized <sup>129</sup>Xe in Human Brain Analyzed by an Uptake Model. Magn Reson Med. 2004; 51: 843-7. https://doi.org/10.1002/mrm.10726.
- 83. Mazumder N, Gangadharan G, Kistenev YV, editors. Advances in Brain Imaging Techniques Singapore: Springer Nature, Singapore Pte Ltd.; 2022. 265 p. ISBN: 9789811913525.

110 XPOHNKA

# ЭКСКУРСИИ ПО НМИЦ ОНКОЛОГИИ ИМ. Н.Н. БЛОХИНА

НМИЦ онкологии им. Н.Н. Блохина – это крупнейшая онкологическая клиника России и Европы, имеющая в своем арсенале новейшее оборудование и все передовые методики диагностики и терапии злокачественных новообразований. Работая в ведущем федеральном исследовательском центре онкологии, сотрудники погружены не только в клиническую, но и в научную, образовательную и просветительскую работу.

Так, в рамках просветительского проекта, сотрудники попробовали себя в необычной, но уже ставшей привычной роли экскурсоводов. Суббота стала традиционным днем для приёмов школьников, лицеистов и студентов профильных направлений, желающих познакомиться поближе с особенностями работы Онкоцентра Н.Н. Блохина.

Новые стандарты предпрофессионального образования предполагают углубленное изучение профильных предметов и всестороннее знакомство с особенностями будущих профессий. Медицинские классы стали первыми, кто реализовал эту задачу: старшеклассники узнают, как устроено медицинское учреждение, что включают в себя новые стандарты медицинской помощи, как инновационное оснащение помогает спасать жизни пациентов.

HALLIOHATISMEN MEGHENERAN TROCKERIO E-N-PLEILAN MESTRO OMIGNOSTRA
MATA ERROMINA MINISULVALITACIONO

Но экскурсия интересна и полезна не только школьникам, планирующим посвятить себя профессии врача, но и ребятам, интересующимся техническими, физическими и инженерными аспектами терапевтических и диагностических процедур. Старшеклассники из физико-математических классов, студенты первых курсов НИЯУ МИФИ проявляют активность и приходят на экскурсии целыми классами и группами.

Основная часть программы проходит в отделении радиотерапии. Маршрут начинается в кабинете, а точнее в каньоне, где располагается гамма-терапевтический аппарат, установленный 30 лет назад. На этом аппарате лечение уже не проводят, но он представляет историческую ценность. Сотрудник отделения знакомит посетителей с историей лучевой терапии, принципами ее воздействия на организм, рассказывает об эволюции методик и обеспечения качества и безопасности лечения. Недаром НМИЦ онкологии им. Н.Н. Блохина был признан МАГАТЭ международным центром компетенции, на базе которого проводятся ре-







гулярные курсы для медицинских физиков. Далее группа посещает уникальный корпус Онкоцентра с атриумом и зимним садом, который из-за своей необычной архитектуры получил название "Ромашка". В "Ромашке" ребята знакомятся с современным высокотехнологичным оборудованием – медицинскими линейными ускорителями электронов.

Во время экскурсии учащиеся также узнают, почему НМИЦ онкологии им. Н.Н. Блохина – это не одно учреждение, а комплекс из пяти научно-исследовательских институтов, какую идею закладывал Николай Николаевич Блохин в основание Онкоцентра, и какова его роль в развитии онкологической службы на-

шей страны. Благодаря комплексному подходу к содержанию экскурсий у старшеклассников и студентов появляется возможность не только познакомиться с одним из самых крупных в России отделений радиотерапии, воочию увидеть современное высокотехнологичное оборудование, но и узнать побольше об учреждении, в котором они могут работать и развиваться как профессионалы в будущем.

Т.А. Крылова, руководитель службы медико-физического сопровождения НМИЦ онкологии им. Н.Н. Блохина

112 КАПЕНДАРЬ

# КАЛЕНДАРЬ НАУЧНЫХ ФОРУМОВ

#### Июнь

- 17–19 Симпозиум по флеш-терапии 2024: Роль кислорода во флеш-радиотерапии Гейдельберг, Германия
- 21–23 Курс ESTRO "Мультидисциплинарное лечение рака легких" при участии Японского общества радиационной онкологии *Осака, Япония*
- 24–27 Курс ESTRO "Искусственный интеллект для обработки изображений (AI4Imaging) 2024" Маастрихт, Нидерланды

#### Июль

21–25 66-е Ежегодное заседание Американской ассоциации физиков в медицине (AAPM)

Лос Анжелес, Калифорния

#### Август

23–25 Конгресс FARO-ESTRO "ESTRO встречает Азию 2024" Куала Лумпур, Малайзия

# Сентябрь

- 7–11 Курс ESTRO "Основы клинической радиобиологии" Таллин, Эстония
- 11–14 5-й Европейский конгресс по медицинской физике *Мюнхен, Германия*
- 22–26 Курс ESTRO "Продвинутые навыки в современной радиотерапии" Вильнюс, Литва
- 26–29 окт Курс ESTRO "Радиотерапия на МРТускорителе" Рим, Италия
- 29–2 окт Ежегодное заседание ASTRO Вашингтон. США

# Октябрь

- 20–24 Курс ESTRO "Современные методики планирования в радиотерапии" Вильнюс. Литва
- 24–26 "Количественная МРТ: основные принципы оптимизация, гарантия качества" *Милан, Италия*
- 27–30 Курс ESTRO "Физика современной брахитерапии" Будапешт, Венгрия

#### Ноябрь

- 7–11 "Радиационная дозиметрия, Визуализация для радиотерапии, планирование лечения и дозиметрия для конкретного пациента". Симпозиумы Челси, Великобритания
- 10–13 Курс ESTRO "IMRT и VMAT: Лучшие практики и новые тренды" Бухарест, Румыния
- 10–14 Курс ESTRO "IGRT и адаптивная лучевая терапия" Будапешт, Венгрия
- 21–24 Курс ESTRO "Внедрение и практика SBRT с применением средств визуализации"

  Лиссабон, Португалия

#### Декабрь

- 1–4 Курс ESTRO "Количественные методы в радиационной онкологии" Вена, Австрия
- 1–5 Ежегодное заседание Радиологического общества Северной Америки (RSNA2024)
  Чикаго, США
- 5–8 Kypc ESTRO "AROI ESTRO Современные технологии"
  Патна. Индия