

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ ФЕДЕРАЛЬНОГО МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКОГО АГЕНТСТВА

КЛИНИЧЕСКАЯ БОЛЬНИЦА

№ 1 (42) 2025



THE HOSPITAL

THEORETICAL AND PRACTICAL
JOURNAL OF FEDERAL MEDICAL-BIOLOGICAL AGENCY

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ «КЛИНИЧЕСКАЯ БОЛЬНИЦА» – научный междисциплинарный рецензируемый журнал Федерального медико-биологического агентства.

УЧРЕДИТЕЛЬ – Федеральное государственное бюджетное учреждение «Северо-Западный окружной научно-клинический центр имени Л. Г. Соколова» Федерального медико-биологического агентства.

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР – Почетный президент ФГБУ «Северо-Западный окружной научно-клинический центр имени Л. Г. Соколова» ФМБА России, заслуженный врач России, доктор медицинских наук, профессор Я. А. Накатис.

ГЛАВНЫЙ НАУЧНЫЙ КОНСУЛЬТАНТ – руководитель ФМБА России, член-корреспондент РАН, доктор медицинских наук, профессор В. И. Скворцова.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ РЕДАКЦИОННОЙ КОЛЛЕГИИ – президент ФГБУ «Детский научно-клинический центр инфекционных болезней ФМБА России», академик РАН, доктор медицинских наук, профессор Ю. В. Лобзин.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ РЕДАКЦИОННОГО СОВЕТА – советник главного врача по диагностическим службам ФГБУ «Северо-Западный окружной научно-клинический центр имени Л. Г. Соколова» ФМБА России, доктор медицинских наук, профессор С. В. Кузнецов.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ: доктор медицинских наук, профессор, член-корреспондент РАН С. С. Алексанин; доктор медицинских наук,

профессор, академик РАН С. Ф. Багненко; доктор медицинских наук, профессор В. Р. Рембовский; доктор медицинских наук, профессор, член-корреспондент РАН А. С. Симбирцев; доктор медицинских наук, профессор Р. М. Тихилов; доктор медицинских наук, профессор, член-корреспондент РАН В. Х. Хавинсон; доктор медицинских наук, профессор, академик РАН Г. Г. Хубулава; доктор медицинских наук, профессор, академик РАН Ю. К. Янов.

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ: доктор медицинских наук В. П. Акимов; доктор медицинских наук, профессор В. Ф. Беженарь; доктор медицинских наук Н. П. Ванчакова; доктор медицинских наук, профессор С. И. Горелов; доктор медицинских наук, профессор В. С. Гуревич; доктор медицинских наук А. В. Дячук; доктор медицинских наук А. П. Ельчанинов; доктор медицинских наук, профессор В. А. Кашенко; доктор медицинских наук С. О. Мазуренко; доктор медицинских наук, профессор Р. В. Орлова; доктор медицинских наук А. А. Пайвин; доктор медицинских наук В. Г. Пищик; доктор медицинских наук, профессор В. А. Ратников; доктор медицинских наук, профессор В. К. Рыжков; доктор медицинских наук, профессор Н. Ю. Семиголовский; доктор медицинских наук, профессор Л. А. Строкова; доктор медицинских наук, профессор Ю. С. Титков.

РЕДАКТОР – А. Е. Василевская.

КОРРЕКТОР – П. И. Сидорова.

THE HOSPITAL – THEORETICAL AND PRACTICAL JOURNAL OF FEDERAL MEDICAL-BIOLOGICAL AGENCY.

FOUNDER – North-West District Research Clinical Center named after L. G. Sokolov of the Federal Medical-Biological Agency.

EDITOR-IN-CHIEF – Honorary President of the North-West District Research Clinical Center named after L. G. Sokolov of the Federal Medical-Biological Agency, Honored Doctor of Russia, MD, Prof. Ya. A. Nakatis.

CHIEF SCIENTIFIC ADVISER – Head of the Federal Medical-Biological Agency, Corresponding Member of RAS, MD, Prof. V. I. Skvortsova.

CHAIRMAN of the EDITORIAL BOARD – President of the Children's Research and Clinical Center for Infectious Diseases of the Federal Medical-Biological Agency, Academician of RAS, MD, Prof. Yu. V. Lobzin.

CHAIRMAN of the EDITORIAL COUNCIL – Adviser to the Chief Physician for Diagnostic Services of the North-West District Research Clinical Center named after L. G. Sokolov of the Federal Medical-Biological Agency, MD, Prof. S. V. Kuznetsov.

EDITORIAL BOARD – MD, Prof., Corresponding Member of RAS S. S. Aleksanin; MD, Prof., Academician of RAS S. F. Bagnenko; MD, Prof., Corresponding Member of RAS V. Kh. Khavinson; MD, Prof., Academician of RAS G. G. Khubulava; MD, Prof. V. R. Rembovskii; MD, Prof., Corresponding Member of RAS A. S. Simbirtsev; MD, Prof. R. M. Tikhilov; MD, Prof., Academician of RAS Yu. K. Yanov.

EDITORIAL COUNCIL – MD V. P. Akimov; MD, Prof. V. F. Bezhenar; MD A. V. Dyachuk; MD A. P. Elchaninov; MD, Prof. S. I. Gorelov; MD, Prof. V. S. Gurevich; MD, Prof. V. A. Kashchenko; MD S. O. Mazurenko; MD, Prof. R. V. Orlova; MD A. A. Payvin; MD V. G. Pishchik; MD, Prof. V. A. Ratnikov; MD, Prof. V. K. Ryzhkov; MD, Prof. N. Yu. Semigolovskii; MD, Prof. L. A. Strokov; MD, Prof. Yu. S. Titkov; MD N. P. Vanchakova.

EDITOR – A. E. Vasilevskaia.

CORRECTOR – P. I. Sidorova.

Журнал «Клиническая больница» – периодическое научно-практическое рецензируемое издание.

Журнал зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере массовых коммуникаций, связи и охраны культурного наследия.

Свидетельство о регистрации (Роскомнадзор) ПИ № ФС77-81135 от 17 мая 2021 г. Издается ежеквартально. Тираж 200 экз.

Полное или частичное воспроизведение материалов, содержащихся в издании, допускается с письменного разрешения редакции.

Учредитель: Федеральное государственное бюджетное учреждение «Северо-Западный окружной научно-клинический центр имени Л. Г. Соколова» Федерального медико-биологического агентства.

Адрес редакции: 194291, г. Санкт-Петербург, пр. Культуры, д. 4, лит. А, тел./факс (812) 559-9724, e-mail: rapasea@med122.ru. Обложка: Владимир Золотухин «Левитация». Изготовлено в ООО «БМН», 197229, г. Санкт-Петербург, МО «Лакhta-Ольгино», ул. Новая, д. 51, к. 10, пом. 54, тел. +7 (921) 942-8223. Отдано в печать 10.06.2025. Номер заказа № 16785 от 16.12.2024 года.

СОДЕРЖАНИЕ

CONTENTS

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ
И ЛЕЧЕНИЯ

Божок А. А., Суворова Ю. В., Манелов А. Е.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ИНФОРМАТИВНОСТИ И БЕЗОПАСНОСТИ ФЛУОРЕСЦЕНТНОЙ ЛИМФОГРАФИИ ДЛЯ БИОПСИИ СИГНАЛЬНЫХ ЛИМФОУЗЛОВ ПРИ РАКЕ МОЛОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЫ 6

Светликов А. В., Гамзатов Т. Х., Кебрыков А. В., Тишков А. В., Маргарянц Н. Б., Харди́ков И. Е., Галкин П. А., Шаповалов А. С., Лукин С. В., Мельников В. М., Хубулава Г. Г., Кашченко В. А., Ратников В. А., Гуревич В. С.

ГЛУБОКАЯ АРТЕРИЯ БЕДРА КАК СПАСАТЕЛЬНЫЙ КРУГ В ЛЕЧЕНИИ ХРОНИЧЕСКОЙ ИШЕМИИ НИЖНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ 12

Баев М. С., Труфанов Г. Е., Рыжков А. В., Грищенко́в А. С.

КЛИНИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ T1-КАРТИРОВАНИЯ МИОКАРДА В СПОРТИВНОЙ МЕДИЦИНЕ 25

СОВРЕМЕННЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ
ТЕХНОЛОГИИ В МЕДИЦИНЕ

Светликов А. В., Ратников В. А., Гуревич В. С., Яблонский П. П., Художникова О. О., Кулакова А. Л.

ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ЛЕЧЕНИИ КАРДИОВАСКУЛЯРНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ. НАСТОЯЩЕЕ И БУДУЩЕЕ 35

Светликов А. В., Ратников В. А., Гуревич В. С., Яблонский П. П., Кулакова А. Л., Хубулава Г. Г.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БИОМЕХАНИЧЕСКОГО МЕТОДА В КЛИНИЧЕСКОЙ ПРАКТИКЕ С ЦЕЛЬЮ ОЦЕНКИ РИСКА РАЗРЫВА АНЕВРИЗМА БРЮШНОЙ АОРТЫ 39

MODERN METHODS OF DIAGNOSIS
AND TREATMENTS

Bozhok A. A., Suvorova Yu. V., Manelov A. E.

OWN EXPERIENCE OF USING FLUORESCENCE LYMPHOGRAPHY FOR BIOPSY OF SENTINAL LYMPH NODES IN BREAST CANCER 6

Svetlikov A. V., Gamzatov T. Kh., Kebryakov A. V., Tishkov A. V., Margaryants N. B., Khardikov I. E., Galkin P. A., Shapovalov A. S., Lukin S. V., Melnikov V. M., Khubulava G. G., Kashchenko V. A., Ratnikov V. A., Gurevich V. S.

DEEP FEMORAL ARTERY AS A LIFELINE IN THE TREATMENT OF CHRONIC LOWER EXTREMITY ISCHEMIA 12

Baev M. S., Trufanov G. E., Ryzhkov A. V., Grishchenkov A. S.

CLINICAL APPLICATION OF T1 MYOCARDIAL MAPPING IN SPORTS MEDICINE 25

MODERN INFORMATION TECHNOLOGIES
IN MEDICINE

Svetlikov A. V., Ratnikov V. A., Gurevich V. S., Yablonskii P. P., Khudozhnikova O. O., Kulakova A. L.

POSSIBILITIES OF USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN THE TREATMENT OF CARDIOVASCULAR DISEASES. PRESENT AND FUTURE 35

Svetlikov A. V., Ratnikov V. A., Gurevich V. S., Yablonskii P. P., Kulakova A. L., Khubulava G. G.

USE OF BIOMECHANICAL METHOD IN CLINICAL PRACTICE TO ASSESS THE RISK OF RUPTURE OF ABDOMINAL AORTIC ANEURYSMS 39

СЛУЧАИ ИЗ ПРАКТИКИ

**Дмитроченко И. В., Бреднев А. О., Дзидзава И. И.,
Фуфаев Е. Е., Грищенко А. С.**

ВОСПАЛЕНИЕ КУЛЬТИ ЧЕРВЕОБРАЗНОГО
ОТРОСТКА: КЛИНИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ И ОБЗОР
ЛИТЕРАТУРЫ 47

CASE REPORTS

**Dmitrochenko I. V., Brednev A. O., Dzidzava I. I.,
Fufayev E. E., Grishchenkov A. S.**

INFLAMMATION OF THE STUMP APPENDIX:
CLINICAL OBSERVATIONS AND LITERATURE
REVIEW 47

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ИНФОРМАТИВНОСТИ И БЕЗОПАСНОСТИ ФЛУОРЕСЦЕНТНОЙ ЛИМФОГРАФИИ ДЛЯ БИОПСИИ СИГНАЛЬНЫХ ЛИМФОУЗЛОВ ПРИ РАКЕ МОЛОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЫ

^{1,2}А. А. Божок, ²Ю. В. Суворова, ³А. Е. Манелов

¹ФГБОУ «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет» Минздрава России

²ФГБУ ВО «Северо-Западный окружной научно-клинический центр имени Л. Г. Соколова» ФМБА России

³ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет имени И. И. Мечникова» Минздрава России

^{1,2}A. A. Bozhok, ²Yu. V. Suvorova, ³A. E. Manelov

OWN EXPERIENCE OF USING FLUORESCENCE LYMPHOGRAPHY FOR BIOPSY OF SENTINAL LYMPH NODES IN BREAST CANCER

¹Saint Petersburg State Pediatric Medical University of the Ministry of Health of Russia

²North-West District Research Clinical Center named after L. G. Sokolov of the Federal Medical-Biological Agency

³North-West State Medical University named after I. I. Mechnikov of the Ministry of Health of Russia

РЕФЕРАТ. ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ. Изучить диагностическую ценность и безопасность флуоресцентной лимфографии для биопсии сигнальных лимфоузлов при раке молочной железы.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ. Исследование проведено в ФГБУ «Северо-Западный окружной научно-клинический центр имени Л. Г. Соколова» ФМБА России в период с марта по июль 2023 года. Изучены всего 25 случаев рака молочной железы cT1-2N0-1M0, 8 больных получали неоадъювантную химиотерапию. У 3 больных определяемые и доказанные морфологически метастазы в подмышечные лимфоузлы категории cN1 полностью регрессировали в результате проведенного лечения. После выполнения биопсии сигнальных лимфоузлов всем больным произведена стандартная подмышечная лимфаденэктомия. Индоцианин зеленый 1 мл (5 мг/мл) вводился непосредственно перед операцией субареоларно, флуоресцентная визуализация производилась с помощью системы MARS.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ. Уровень детекции составил 100%. Среднее количество сигнальных лимфоузлов – 2. Метастатическое поражение сигнальных лимфоузлов выявлено у 6 больных (24,0%), из них в 2 случаях наблюдались микрометастазы. В половине случаев метастатическое поражение не выходило за пределы сигнальных лимфоузлов. У 1 больной был получен ложноотрицательный результат, что составило 4,0%. Среднее количество метастазов – 1,8, максимально – 3. **ЗАКЛЮЧЕНИЕ.** Методика биопсии сигнальных лимфоузлов (БСЛУ) с помощью флуоресцентной лимфографии обладает высокой точностью в качестве самостоятельного метода и является безопасной. Достоинствами методики являются визуализация хода подкожных лимфатических сосудов и четкое определение места кожного разреза для доступа к сигнальным лимфоузлам, а также визуализация сигнальных лимфоузлов после кожного разреза.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: рак молочной железы, хирургическое лечение, биопсия сигнальных лимфоузлов.

SUMMARY. PURPOSE OF THE STUDY. To study the diagnostic value and safety of fluorescent lymphography for sentinel lymph node biopsy in breast cancer.

MATERIALS AND RESEARCH METHODS. The study was conducted at the North-West District Research Clinical Center named after L. G. Sokolov of the Federal Medical-Biological Agency from March to July 2023. 25 cases of breast cancer with T1-2N0-1M0 were included, of which 8 received neoadjuvant chemotherapy. In 3 patients, morphologically determined and proven metastases in the axillary lymph nodes of category cN1 completely regressed as a result of the treatment. Indocyanine green 1 ml (5 mg/ml) were injected subareolarly immediately before surgery; fluorescence imaging was performed using the MARS system. After sentinel lymph node biopsy, all patients underwent standard axillary lymphadenectomy. **RESEARCH RESULTS.** Detection level was 100%. The average number of sentinel lymph nodes was 2. Metastatic lesions of sentinel lymph nodes were detected in 6 patients (24.0%), of which micrometastases were observed in 2 cases. In half of the cases, the metastatic lesion did not extend beyond the sentinel lymph nodes. In 1 patient a false negative result was obtained, which amounted to 4.0%. The average number of metastases was 1.8, with a maximum of 3 in one patient.

CONCLUSION. The sentinel lymphnode biopsy (SLNB) technique using fluorescence lymphography is highly accurate as a standalone method. The advantages of the technique are visualization of the course of the subcutaneous lymphatic vessels and a clear determination of the location of the skin incision for access to the sentinel lymph nodes, as well as visualization of the sentinel lymph nodes after the skin incision.

KEYWORDS: breast cancer, surgical treatment, sentinel lymph node biopsy.

Введение

Концепцию определения сигнального лимфоузла предложил R. Cabanas в 1977 году [1]. Она заключалась в поиске и определении наличия метастатического поражения лимфоузла, первым принимающим

лимфоотток от пораженного опухолью органа. При отсутствии метастатического поражения сигнального лимфоузла вероятность метастазов в других регионарных лимфоузлах минимальна, и, следовательно, нет необходимости в полной лимфодиссекции.

Для поиска сигнальных лимфоузлов у больных раком полового члена автор применял рентгеновскую лимфографию с использованием контраста, вводимого в лимфатический сосуд полового члена.

При раке молочной железы (РМЖ) методику биопсии сигнального лимфоузла (БСЛУ) впервые практически одновременно в 1993–1994 годах применили А. Е. Giuliano и D. N. Krag [2, 3]. А. Е. Giuliano для определения сигнального лимфоузла использовал краситель, и оказалось, что методика обладает точностью 96%. Но определить сигнальный лимфоузел с помощью красителя удалось лишь у 65% больных. D. N. Krag предложил использовать радиофармпрепарат и ручной детектор для выявления его накопления в сигнальном лимфоузле. Методика оказалась более информативной и продемонстрировала уровень детекции 93% и точность 97%.

Последующие многочисленные подтверждающие исследования [4–8] и метаанализ [9] подтвердили возможность использования обеих методик и их комбинации для определения сигнального лимфоузла при РМЖ, а также безопасность данного подхода. Отказ от подмышечной лимфаденэктомии при отсутствии метастатического поражения сигнальных лимфоузлов не приводил к увеличению частоты местных рецидивов и ухудшению показателей безрецидивной и общей выживаемости. К настоящему времени БСЛУ является стандартной процедурой для больных РМЖ категории cN0 независимо от того, выполняется операция на первом этапе лечения или после неоадьювантной терапии.

Однако обе методики имеют существенные недостатки и ограничения. Применение красителя методологически достаточно сложно и требует определенного периода отработки процедуры. Те лимфотропные синтетические триарилметановые синие красители, хорошо определяемые на фоне желтой жировой ткани, которые использовались в разные периоды времени (синий патентованный, изосульфат синий – Lymphazurin, Tyco Healthcare, Токио, Япония) достаточно токсичны и их применение сопряжено с большой частотой нежелательных явлений [19]. Сейчас во многих странах, в том числе в РФ, нет зарегистрированного для БСЛУ лимфотропного красителя. Основными же недостатками радионуклидного метода БСЛУ являются высокие требования к работе с источниками ионизирующего излучения и необходимость использования дорогостоящих датчиков.

По этим причинам активно продолжается изучение альтернативных методик БСЛУ. Одна из них – флуоресцентная лимфография, демонстрирующая очень высокие показатели детекции и точности, по данным ряда авторов [10–13]. Индоцианин зеленый (ICG), используемый в этой методике, имеет характерные спектры флуоресценции на длинах волн ближнего инфракрасного спектра в диапазоне от 700 до 900 нм, что называется оптическим окном. Это удобно для кли-

нического применения, поскольку такой свет может проникать глубоко в ткани и его регистрация возможна без учета аутофлуоресценции основных компонентов крови, а именно, гемоглобина и воды. Методика является относительно новой, и в настоящее время изучается возможность ее применения в качестве самостоятельного метода для БСЛУ при РМЖ.

Материалы и методы исследования

С марта по июль 2023 года в исследование эффективности БСЛУ при РМЖ методом флуоресцентной лимфографии было включено 25 больных. Исследование выполнялось в ФГБУ «Северо-Западный окружной научно-клинический центр имени Л. Г. Соколова» ФМБА России. У всех больных был морфологически подтвержденный РМЖ стадии cT1-2N0-1, у 7 больных – мультицентрическая форма заболевания. 8 больных до оперативного лечения получили неоадьювантную полихимиотерапию, из них у 5 больных не было признаков метастатического поражения регионарных лимфоузлов. У 3 больных были одиночные метастазы в регионарные лимфоузлы, подтвержденные цитологическим или гистологическим методом, клинически полностью регрессировавшие после проведенного системного лечения. Таким образом, наблюдалась конверсия стадии из cN1 в cN0. До начала терапии в пораженные лимфоузлы были установлены рентгеноконтрастные метки, на которые ориентировались при поиске зон интереса в удаленном операционном препарате.

Был разработан протокол клинического исследования эффективности БСЛУ при РМЖ методом флуоресцентной лимфографии, одобренный Локальным этическим комитетом (ЛЭК) ФГБУ «Северо-Западный окружной научно-клинический центр имени Л. Г. Соколова» ФМБА России. Все пациенты получали подробную информацию об исследовании и давали письменное информированное согласие.

Для точной оценки диагностической ценности БСЛУ при РМЖ предлагаемым методом всем больным вторым этапом производилась стандартная подмышечная лимфаденэктомия, целью которой была полная оценка состояния лимфатического коллектора и сравнение с результатами БСЛУ.

Для выполнения процедуры БСЛУ использовался препарат индоцианин зеленый, лиофилизат для приготовления раствора с целью внутривенного введения 25 мг, производитель Mirpharm (рис. 1).

Процедура флуоресцентной лимфографии выполнялась с помощью прибора MAPC для ICG-навигации в открытом операционном поле (флуоресцентные системы для эндоскопических операций имеют меньшую площадь приема полезной информации) (рис. 2). Эта система ближней инфракрасной флуоресценции предназначена для наблюдения за кровотоком в артериальном и венозном русле, лимфотоком, перфузией органов и тканей в ходе хирургической операции. В системе MAPC применяется лазерный

источник сигнала, работающий в узком диапазоне 785 нм и вызывающий флуоресценцию нерадио-активного контраста на пике поглощения, что обеспечивает высокую читаемость и четкость визуализации. Лиофилизат 25 мг разводится только водой для инъекций непосредственно перед операцией.

Положение пациента – лежа на спине с рукой, отведенной под углом 90 градусов. ICG в виде водного раствора (5 мг/мл) в объеме 1 мл вводится подкожно по наружному краю ареолы молочной железы. Несколько минут проводится легкий массаж в месте введения препарата. Через 2–5 минут можно увидеть флуоресцентное изображение лимфатического пути, идущего к подмышечной области. Изображение на экране монитора в режиме реального времени позволяет зарисовывать на коже пациентки изображение лимфатического протока. Место «обрыва» лимфатического протока, видимого сквозь кожу, является ориентиром для поиска сигнального(-ых) лимфоузла(-ов) в глубине тканей подмышечной области. Через 5–10 минут после введения ICG проводят рассечение как минимум кожи, подкожной клетчатки и поверхностной фасции, в большинстве случаев необходимо также рассечение глубокой фасции.

Достаточно редко можно увидеть изображение лимфатического узла через нерассеченные ткани. В этом случае можно ожидать его расположения под кожей или сразу за поверхностной фасцией. Следует соблюдать необходимую осторожность при рассечении кожи и выделении сигнальных лимфоузлов, не стоит пытаться острым путем проследить ход флуоресцирующего лимфатического протока в ране. Повреждение протока приведет к излиянию ICG в рану и беспорядочному окрашиванию тканей, что затруднит или сделает невозможной визуализацию отдельных лимфоузлов. Для исключения подобной ошибки нужно представить локализацию лимфатического узла, в который впадает лимфатический проток, и хирургический доступ к этому сигнальному лимфоузлу осуществлять со стороны, противоположной впадению лимфатического протока.

После удаления сигнального(-ых) лимфоузла (-ов) в ране контролируется наличие или отсутствие дополнительных лимфатических узлов визуально с помощью флуоресценции и пальпаторно. И флуоресцирующие, и пальпируемые лимфатические узлы, подозрительные на метастатические, расцениваются как сигнальные и отправляются на гистологическое исследование. Удаленные сигнальные лимфоузлы помещаются в отдельный контейнер с 10%-ным буферным раствором формалина для последующего планового гистологического исследования. Далее, в нашем исследовании у всех больных выполнялась стандартная подмышечная лимфаденэктомия.

Результаты исследования

У всех 25 больных удалось визуализировать сигнальные лимфоузлы, таким образом, уровень детекции составил 100%.



Рис. 1. Флуоресцирующий краситель



Рис. 2. Система MAPS для флуоресцентной навигации

Среднее количество удаленных сигнальных лимфоузлов – 2 (наблюдался разброс от 1 до 7).

У 6 из 25 больных в сигнальных лимфоузлах были выявлены метастазы, что составило 24,0%. В 2 случаях это было микрометастатическое поражение, выявленное только после иммуногистохимического исследования. В 3 случаях из 6 метастатическое поражение не вышло за пределы сигнальных лимфоузлов.

У 1 больной был получен ложноотрицательный результат, что составило 4,0%. Это была мультицентричная форма заболевания, которая, как известно, сопряжена со значительным количеством ошибок.

И наконец, среднее количество метастазов – 1,8, максимально – 3 пораженных лимфоузла у одной пациентки.

Необходимо отметить, что в ходе исследования методика флуоресцентной лимфографии четко продемонстрировала несомненные достоинства: возможность визуализации хода подкожных лимфатических сосудов и четкого определения места кожного разреза для доступа к сигнальным лимфоузлам; четкую визуализацию сигнальных лимфоузлов после кожного разреза (рис. 3, 4).

Серьезные побочные эффекты в исследовании не зарегистрированы. У трети больных отмечалась остаточная кожная пигментация в месте введения индоцианина зеленого в течение 2–4 дней.

В результате исследования мы определили следующие показатели диагностической ценности флуоресцентной лимфографии для БСЛУ при РМЖ.

Чувствительность (вероятность того, что результат теста будет положительным при наличии заболевания) = ИП = **86%**

ИП + ЛО

Специфичность (вероятность того, что результат теста будет отрицательным при отсутствии заболевания) = ИО = **100%**

ИО + ЛП

Предсказательная ценность положительного результата (вероятность того, что заболевание присутствует, когда тест положительный) = ИП = **100%**

ИП + ЛП

Предсказательная ценность отрицательного результата (вероятность того, что заболевание отсутствует, когда тест отрицательный) = ИО = **95%**

ИО + ЛО

Общая точность (доля всех тестов, которые дают правильный результат) = ИП + ИО = **96%**

ИП + ИО + ЛП + ЛО

(ИП – истинно положительный, ИО – истинно отрицательный, ЛП – ложноположительный, ЛО – ложноотрицательный).

Обсуждение

Выполнение БСЛУ у больных РМЖ категории cT0 уже давно стало стандартом. Расширяются показания для категории T1-2N1M0 после эффективной предоперационной системной терапии с исчезновением признаков метастатического поражения лимфатического узла (cN1 → cN0). У таких больных выполнение стандартной БСЛУ сопровождается неприемлемо высоким процентом ложноотрицательных ответов (10,0–14,2%). Для снижения уровня ложноотрицательной ошибки обязательно

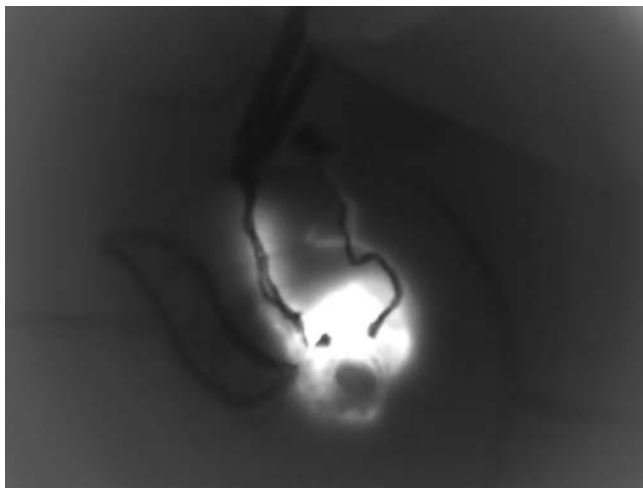


Рис. 3а. Больная О., 32 года. Рак левой молочной железы cT1cN0. Визуализируемые на коже лимфатические протоки по направлению к сигнальному лимфоузлу



Рис. 3б. Визуализируемые в ране флуоресцирующие сигнальные лимфоузлы



Рис. 3в. Флуоресцирующие на салфетке удаленные сигнальные лимфоузлы

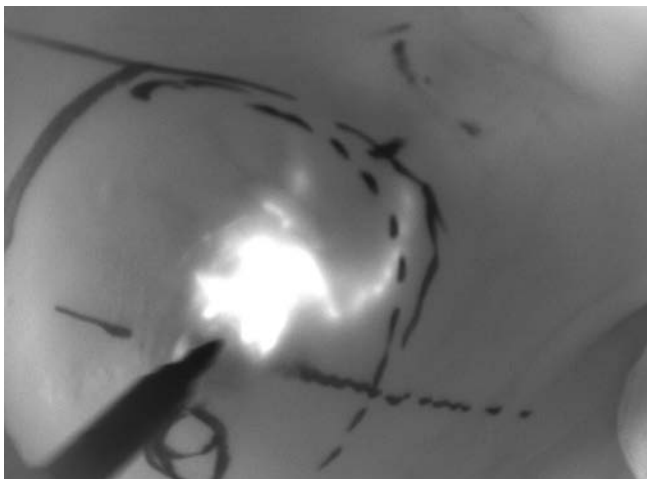


Рис. 4а. Больная С., 45 лет. Рак правой молочной железы cT2N0.

Визуализируемые флуоресцирующие на поверхности кожи лимфатические протоки по направлению к сигнальным лимфоузлам

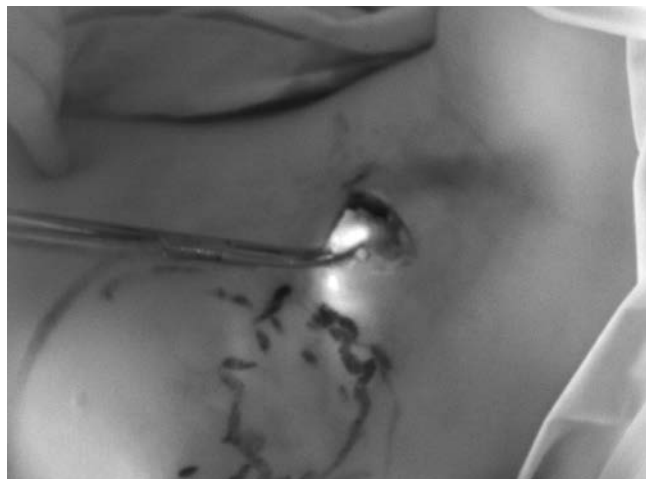


Рис. 4б. В зажиме – флуоресцирующий сигнальный лимфоузел после кожного разреза

одновременное удаление ранее маркированного метастатического узла и выполнение стандартной БСЛУ либо БСЛУ с забором не менее 3 лимфатических узлов [14, 15]. Следует подчеркнуть, что для этой группы пациентов более широки показания для подмышечной лимфаденэктомии из-за повышения риска рецидива болезни в случае сохранения пораженных лимфатических узлов [16, 17] – подмышечная лимфаденэктомия показана при всех вариантах обнаружения метастазов в сигнальных лимфоузлах.

Отказ от подмышечной лимфодиссекции у значительной части больных приводит к существенному снижению частоты осложнений, в первую очередь лимфостаза верхней конечности.

Классическими технологиями БСЛУ при РМЖ являются методики с применением лимфотропных красителей и радиофармпрепаратов, включающих ^{99m}Tc . Средний размер частиц радиофармпрепарата может колебаться от 3 до 400 нм, однако использование частиц размером менее 100 нм позволяет более успешно находить сигнальные лимфоузлы [18]. Большинство методических вопросов отработано в исследованиях с использованием радионуклидной методики. Показано, что место введения лимфотропного препарата – перитуморальное, подкожное над опухолью, периареолярное, внутрикожное в ареолу, субареолярное – не имеет значения, любой из методов позволяет осуществить успешный поиск сигнальных лимфоузлов. Диагностическая ценность технологии поиска подтверждается высокой частотой детекции сигнальных лимфоузлов (>90%) и низкой частотой ложноотрицательных заключений (<10%).

Однако обе классические методики обладают рядом недостатков. Применение красителя методологически достаточно сложно и требует определенного периода отработки процедуры. Те лимфотропные синтетические триарилметановые синие

красители, хорошо определяемые на фоне желтой жировой ткани, которые используются с целью БСЛУ, достаточно токсичны, и их применение сопряжено с большой частотой нежелательных явлений [19]. В настоящее время во многих странах, в том числе в России, нет зарегистрированного для БСЛУ лимфотропного красителя. Основными же недостатками радионуклидного метода БСЛУ являются высокие требования к работе с источниками ионизирующего излучения и необходимость использования дорогостоящих датчиков.

Несмотря на рост заболеваемости РМЖ, частота применения БСЛУ давно достигла плато и составляет примерно 60% по оценке 500 000 случаев базы SEER за период с 1998 по 2004 год. В Китае – 5%, в ряде стран еще ниже. Причина – логистические и финансовые проблемы [20]. Нужны удобные и недорогие технологии для более широкого распространения БСЛУ при РМЖ.

В качестве такой технологии изучается применение ICG.

Методика флуоресцентной лимфографии активно изучается при РМЖ с 2005 года. Серия исследований продемонстрировала ее высокую диагностическую ценность как в сочетании с радиодетекцией сигнальных лимфоузлов, так и в качестве самостоятельного метода. Уровень детекции в большинстве исследований превышает 97% и приближается к 100% [11, 12, 13, 21]. В тех исследованиях, где оценивался показатель ложноотрицательных заключений, он был на уровне 0–5% [22–25], наиболее высокую цифру сообщил D. Murawa – 7% [26]. Метаанализ, выполненный по результатам 21 исследования БСЛУ при РМЖ, включивших 2500 случаев, продемонстрировал, что по уровням детекции и ложноотрицательных заключений флуоресцентная лимфография превосходит классические методики и сравнима с их комбинированным применением [27].

Полученные в нашем исследовании результаты полностью подтверждают данные ранее проведенных работ.

Заключение

- БСЛУ с использованием флуоресцентной лимфографии обладает высокой точностью в качестве самостоятельного метода.
- Достоинствами методики являются визуализация хода подкожных лимфатических сосу-

дов и четкое определение места кожного разреза для доступа к сигнальным лимфоузлам, а также четкая визуализация сигнальных лимфоузлов после кожного разреза.

- ICG особенно подходит для хирургической навигационной оптической визуализации благодаря своей низкой молекулярной массе, отсутствию токсичности и быстрому выведению через печень без накопления токсичных веществ в организме.

ЛИТЕРАТУРА

1. Cabanas R. An approach for the treatment of penile carcinoma // *Cancer*. – 1977. – Vol. 39 (2). – P. 456–466.
2. Lymphatic mapping and sentinel lymphadenectomy for breast cancer / A. E. Giuliano, D. M. Kirgan, J. M. Guenther [et al.] // *Ann. Surg.* – 1994. – Vol. 220 (3). – P. 391–401.
3. Surgical resection and radiolocalization of the sentinel lymph node in breast cancer using a gamma probe / D. N. Krag, D. L. Weaver, J. C. Alex [et al.] // *Surg. Oncol.* – 1993. – Vol. 2 (6). – P. 335–340.
4. A randomized clinical trial on sentinel lymph node biopsy versus axillary lymph node dissection in breast cancer: results of the Sentinella / GIVOM trial / G. Zavagno, G. L. De Salvo, G. Scalco [et al.] // *Ann. Surg.* – 2008. – Vol. 247 (2). – P. 207–213.
5. A randomized comparison of sentinel-node biopsy with routine axillary dissection in breast cancer / U. Veronesi, G. Paganelli, G. Viale [et al.] // *N. Engl. J. Med.* – 2003. – Vol. 349 (6). – P. 546–553.
6. Sentinel lymph node biopsy in breast cancer: ten year results of a randomized controlled study / U. Veronesi, G. Viale, G. Paganelli [et al.] // *Ann. Surg.* – 2010. – Vol. 251 (4). – P. 595–600.
7. Sentinel node biopsy compared with complete axillary dissection for staging early breast cancer with clinically negative lymph nodes: results of randomized trial / G. Canavese, A. Catturich, C. Vecchio [et al.] // *Ann. Oncol.* – 2009. – Vol. 20 (6). – P. 1001–1007.
8. Sentinel-lymph-node resection compared with conventional axillary-lymph-node dissection in clinically node-negative patients with breast cancer: overall survival findings from the NSABP B-32 randomized phase 3 trial / D. N. Krag, S. J. Anderson, T. B. Julian [et al.] // *Lancet Oncol.* – 2010. – Vol. 11 (10). – P. 927–933.
9. Petrelli F., Lonati V., Barni S. Axillary dissection compared to sentinel node biopsy for the treatment of pathologically node-negative breast cancer: a meta-analysis of four randomized trials with long-term follow up // *Oncol. Rev.* – 2012. – Vol. 6 (2). – e20.
10. Evaluation of sentinel node biopsy by combined fluorescent and dye method and lymph flow for breast cancer / T. Hojo, T. Nagao, M. Kikuyama [et al.] // *Breast.* – 2010. – Vol. 19 (3). – P. 210–213.
11. Fluorescence navigation with indocyanine green for detecting sentinel lymph nodes in breast cancer / T. Kitai, T. Inomoto, M. Miwa [et al.] // *Breast Cancer.* – 2005. – Vol. 12 (3). – P. 211–215.
12. Indocyanine green fluorescence-guided sentinel node biopsy: a meta-analysis on detection rate and diagnostic performance / L. Xiong, E. Gazyakan, W. Yang [et al.] // *Eur. J. Surg. Oncol.* – 2014. – Vol. 40 (7). – P. 843–849.
13. The indocyanine green method is equivalent to the 99 mTc-labeled radiotracer method for identifying the sentinel node in breast cancer: a concordance and validation study / B. Ballardini, L. Santoro, C. Sangalli [et al.] // *Eur. J. Surg. Oncol.* – 2013. – Vol. 39 (12). – P. 1332–1336.
14. Identification and resection of clipped node decreases the false-negative rate of sentinel lymph node surgery in patients presenting with node positive breast cancer (T0-T4, N1-N2) who receive neoadjuvant chemotherapy / J. C. Boughey, K. V. Ballman, H. T. Le-Petross [et al.] // *Ann. Surg.* – 2016. – Vol. 263 (4). – P. 802–807.
15. Long-term standard sentinel node biopsy after neoadjuvant treatment in breast cancer: a single institution ten-year follow-up / S. Kahler-Ribeiro-Fontana, E. Pagan, F. Magnoni [et al.] // *Eur. J. Surg. Oncol.* – 2021. – Vol. 47 (4). – P. 804–812.
16. Is low-volume disease in the sentinel node after neoadjuvant chemotherapy an indication for axillary dissection? / T.-A. Moo, M. Edelweiss, S. Hajiyeva [et al.] // *Ann. Surg. Oncol.* – 2018. – Vol. 25 (6). – P. 1488–1494.
17. Omission of axillary lymph node dissection is associated with inferior survival in breast cancer patients with residual N1 nodal disease following neoadjuvant chemotherapy / M. F. Almahariq, R. Levitin, T. J. Quinn [et al.] // *Ann. Surg. Oncol.* – 2021. – Vol. 28 (2). – P. 930–940.
18. Методологические проблемы биопсии сигнальных лимфатических узлов у больных раком молочной железы / П. В. Криворотько, С. В. Канаев, В. Ф. Семиглазов [и др.] // *Вопросы онкологии.* – 2015. – Т. 61, № 3. – С. 418–423.

19. Systemic anaphylaxis associated with intramammary isosulfan blue injection used for sentinel node detection under general anesthesia / M. A. Lyew, T. C. Gamblin, M. Ayoub [et al.] // Anesthesiology. – 2000. – Vol. 93 (4). – P. 145–146.
20. Rescigno J., Zampell J. C., Axelrod D. Patterns of axillary surgical care for breast cancer in the era of sentinel lymph node biopsy // Ann. Surg. Oncol. – 2009. – Vol. 16 (3). – P. 687–696. – DOI: <https://doi.org/10.1245/s10434-008-0195-5>
21. Sentinel node biopsy guided by indocyanine green dye in breast cancer patients / K. Motomura, H. Inaji, Y. Komoike [et al.] // Jpn. J. Clin. Oncol. – 1999. – Vol. 29 (12). – P. 604–607.
22. A novel method for sentinel lymph node biopsy by indocyanine green fluorescence technique in breast cancer / T. Sugie, K. A. Kassim, M. Takeuchi [et al.] // Cancers (Basel). – 2010. – Vol. 2 (2). – P. 713–720.
23. ICG fluorescence-guided sentinel node biopsy for axillary nodal staging in breast cancer / C. Hirche, D. Murawa, Z. Mohr [et al.] // Breast Cancer Res. Treat. – 2010. – Vol. 121 (2). – P. 373–378.
24. Indocyanine green fluorescence imaging system for sentinel lymph node biopsies in early breast cancer patients / H. Abe, T. Mori, T. Umeda [et al.] // Surg. Today. – 2011. – Vol. 41 (2). – P. 197–202.
25. A feasibility study (ICG-10) of indocyanine green (ICG) fluorescence mapping for sentinel lymph node detection in early breast cancer / G. C. Wishart, S. W. Loh, L. Jones [et al.] // Eur. J. Surg. Oncol. – 2012. – Vol. 38 (8). – P. 651–656.
26. Sentinel lymph node biopsy in breast cancer guided by indocyanine green fluorescence / D. Murawa, C. Hirche, S. Dresel [et al.] // Br. J. Surg. – 2009. – Vol. 96 (11). – P. 1289–1294.
27. Comparisons of ICG-fluorescence with conventional tracers in sentinel lymph node biopsy for patients with early-stage breast cancer: a meta-analysis / R. Yin, L. Y. Ding, Q. Z. Wei [et al.] // Oncol. Lett. – 2021. – Vol. 21 (2). – P. 114.

УДК 616.137.83-089

DOI 10.56547/22263071_2025_1_12

ГЛУБОКАЯ АРТЕРИЯ БЕДРА КАК СПАСАТЕЛЬНЫЙ КРУГ В ЛЕЧЕНИИ ХРОНИЧЕСКОЙ ИШЕМИИ НИЖНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ

^{1,2}А. В. Светликов, ¹Т. Х. Гамзатов, ¹А. В. Кебрыков, ³А. В. Тишков, ³Н. Б. Маргарянц, ¹И. Е. Харди́ков,
¹П. А. Галкин, ¹А. С. Шаповалов, ¹С. В. Лукин, ¹В. М. Мельников, ⁴Г. Г. Хубулава, ²В. А. Кащенко,
^{2,6}В. А. Ратников, ^{1,2,5}В. С. Гуревич

¹ФГБУ «Северо-Западный окружной научно-клинический центр имени Л. Г. Соколова» ФМБА России

²ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет»

³ФГБОУ ВО «Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет
имени академика И. П. Павлова» Минздрава России

⁴ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова» Минобороны России

⁵ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет имени И. И. Мечникова»
Минздрава России

⁶ФГБУ «Федеральный научно-клинический центр инфекционных болезней ФМБА России»

^{1,2}A. V. Svetlikov, ¹T. Kh. Gamzatov, ¹A. V. Kebryakov, ³A. V. Tishkov, ³N. B. Margaryants, ¹I. E. Khardikov, ¹P. A. Galkin,
¹A. S. Shapovalov, ¹S. V. Lukin, ¹V. M. Melnikov, ⁴G. G. Khubulava, ²V. A. Kashchenko, ^{2,6}V. A. Ratnikov, ^{1,2,5}V. S. Gurevich

DEEP FEMORAL ARTERY AS A LIFELINE IN THE TREATMENT OF CHRONIC LOWER EXTREMITY ISCHEMIA

¹North-West District Research Clinical Center named after L. G. Sokolov of the Federal Medical-Biological Agency

²Saint Petersburg State University

³First Saint Petersburg State Medical University named after Academician I. P. Pavlov of the Ministry of Health of Russia

⁴Military Medical Academy named after S. M. Kirov of the Ministry of Defense of Russia

⁵North-West State Medical University named after I. I. Mechnikov of the Ministry of Health of Russia

⁶Federal Scientific and Clinical Center for Infectious Diseases of the Federal Medical-Biological Agency

РЕФЕРАТ. АКТУАЛЬНОСТЬ. В настоящее время до конца не определена роль глубокой артерии бедра и оперативных вмешательств по восстановлению по ней кровотока, нет рекомендаций и четких показаний к их выполнению,

SUMMARY. RELEVANCE. Currently the role of operations on the deep femoral artery has not been fully established. There are no recommendations and indications for their performing, especially when it comes to critical limb ischemia.

в особенности когда речь идет о критической ишемии нижних конечностей.

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ. Определить тактику хирургического лечения больных с мультисегментарным атеросклеротическим поражением артерий нижних конечностей, у которых имеется гемодинамически значимое поражение глубокой артерии бедра и окклюзия поверхностной бедренной артерии.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ. В основу работы положены ретроспективные результаты обследования и лечения 99 пациентов, страдающих хронической артериальной недостаточностью нижних конечностей. Из них у 31 (31,3%) пациента имелись трофические язвы или/и некрозы, соответствующие 5-й и 6-й категориям хронической артериальной недостаточности по классификации R. Rutherford. У всех больных имели место окклюзия поверхностной бедренной артерии и гемодинамически значимый стеноз общей бедренной артерии с переходом на глубокую артерию бедра, при этом у 50 (50,5%) больных имелось гемодинамически значимое нарушение проходимости артерий подвздошного сегмента на стороне оперируемой конечности. Реваскуляризация конечности во всех наблюдениях выполнялась через глубокую артерию бедра путем гибридного либо только открытого или эндоваскулярного восстановления проходимости общей бедренной артерии и глубокой артерии бедра в изолированном виде. В случае гемодинамически значимого поражения подвздошной артерии операция дополнялась ее стентированием. Новый модифицированный метод – поток-направляющая феморопрофундопластика – был выполнен 28 пациентам (28,3%). Результаты лечения больных оценивались во время госпитализации, в раннем послеоперационном периоде (1 месяц после операции) и в позднем послеоперационном периоде (от 6 месяцев до 5 лет). Максимальный период наблюдения после эндоваскулярной реконструкции глубокой артерии бедра составил 24 месяца.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ. В раннем послеоперационном периоде осложнения развились у 8 пациентов (8,1%), среди которых был 1 (1,0%) летальный исход. У 91 пациента (92,9%) отмечалось клиническое улучшение в послеоперационном периоде, регресс трофических нарушений наблюдался у 26 пациентов из 31 (83,9%). Пятилетняя проходимость оперированного сегмента составила 97%, сохранность оперированной нижней конечности от ампутации – 100%, выживаемость – 76,9%. Предиктором эффективной реваскуляризации через глубокую артерию бедра при критической ишемии нижних конечностей является наличие сохраненной реципиентной зоны ($p < 0,001$).

ВЫВОДЫ. Полученные результаты свидетельствуют о высокой эффективности реваскуляризации конечности через глубокую артерию бедра. Нами не рекомендуется выполнение реваскуляризирующих операций через глубокую артерию бедра в случае отсутствия реципиентной зоны, а также при наличии трофических нарушений, соответствующих 6-й категории хронической артериальной недостаточности по R. Rutherford.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: облитерирующий атеросклероз сосудов нижних конечностей, хроническая артериальная недостаточность нижних конечностей, феморопрофундопластика, баллонная ангиопластика, стентирование, гибридная хирургия.

Введение

Облитерирующий атеросклероз артерий нижних конечностей занимает одно из ведущих мест по распространенности среди заболеваний периферических артерий и в настоящее время является одной из наиболее актуальных проблем среди хирургических методов лечения сосудистых заболеваний [1]. Открытые и эндоваскулярные операции по реваскуляризации конечности через глубокую артерию бедра (ГАБ) являются общепринятым методом лечения хронической

PURPOSE OF THE STUDY. To determine the tactics of surgical treatment of patients with multi-segment atherosclerotic lesions of the arteries of the lower extremities, who have a hemodynamically significant lesion of the deep femoral artery and occlusion of the superficial femoral artery.

MATERIALS AND RESEARCH METHODS. The study is based on the retrospective results of examination and treatment of 99 patients suffering from chronic arterial insufficiency of the lower extremities. 31 (31.3%) patients had tissue loss in the form of trophic ulcers and necrosis corresponding to categories 5 and 6 of chronic arterial insufficiency according to the R. Rutherford classification. All patients had occlusion of the superficial femoral artery and hemodynamically relevant stenosis of common and deep femoral arteries, while 50 (50.5%) patients had a hemodynamically relevant impairment of the patency of ipsilateral iliac arteries. Revascularization of the limb in all cases was performed through the deep femoral artery by hybrid or only open or endovascular repair of the common femoral artery and the deep femoral artery in an isolated form. In the case of a hemodynamically significant lesion of the iliac artery, the operation was supplemented by its stenting. A new modified method – flow-guided profundoplasty – was performed in 28 patients (28.3%). The results of treatment of patients were evaluated during hospitalization, in the early postoperative period (1 month after surgery) and in the late postoperative period (from 6 months to 5 years). The maximum follow-up period after endovascular reconstruction of the deep femoral artery was 24 months.

RESEARCH RESULTS. In the early postoperative period, complications developed in 8 patients (8.1%), including 1 (1.0%) death. In 91 patients (92.9%), there was a clinical improvement in the postoperative period, regression of trophic disorders was noted in 26 patients out of 31 (83.9%). The five-year patency of the operated segment was 97%, the safety of the operated lower limb from amputation was 100%, and the survival rate was 76.9%. Predictors of effective revascularization through the deep femoral artery in critical lower limb ischemia are the presence of a patent recipient zone ($p < 0,001$).

CONCLUSIONS. The results obtained indicate a high efficiency of limb revascularization through the deep femoral artery. We do not recommend performing revascularization operations through the deep femoral artery in the absence of a recipient zone, as well as in the presence of trophic disorders corresponding to the 6th category of chronic arterial insufficiency according to R. Rutherford.

KEYWORDS: atherosclerotic occlusive disease of the lower extremities, chronic arterial insufficiency of the lower extremities, femoroprofundoplasty, balloon angioplasty, stenting, hybrid surgery.

артериальной недостаточности нижних конечностей (ХАН) [2, 3]. Проходимость после хирургической реконструкции ГАБ в отдаленном послеоперационном периоде в несколько раз выше, чем проходимость дистального шунта [4, 5]. В 1970–1980-е годы D. E. Strandness и соавт., С. Н. Boren и соавт. для оценки клинического успеха реваскуляризирующих операций ввели понятие «реципиентная зона» как сегмент магистральных артерий подколенной области, воспринимающий коллатеральное кровообращение из бассейна

Таблица 1

Характеристика пациентов

Характеристика	Категория	Пациенты (n = 99)
Пол	Мужской	89 (89,9%)
Возраст (лет)		67,36 (8,48)
Курение	Активный курильщик	47 (47,5%)
	В анамнезе	33 (33,3%)
Операции на артериях нижних конечностей в анамнезе		26 (26,3%)
Ампутация контрлатеральной нижней конечности в анамнезе		3 (3,0%)
Артериальная гипертензия		75 (75,8%)
Сахарный диабет		24 (24,2%)
Стенокардия напряжения II ФК		9 (9,1%)
Мерцательная аритмия		14 (14,1%)
Сердечная недостаточность II ФК и более		19 (19,2%)
Каротидная эндартерэктомия или стентирование в анамнезе		9 (9,1%)
Хроническая болезнь почек		9 (9,1%)
ХОБЛ		14 (14,1%)
Стадия ХАН по классификации А. В. Покровского	II-A	2 (2,0%)
	II-B	56 (56,6%)
	III	10 (10,1%)
	IV	31 (31,3%)
Категория ХАН по классификации R. Rutherford	5-я	15 (15,1%)
	6-я	16 (16,2%)

ГАБ [6, 7]. Однако вопрос детализации и использования данного понятия для прогнозирования клинического успеха не прямых реваскуляризирующих операций в полной мере не изучен. Роль операций на ГАБ до конца не определена, нет рекомендаций и четких показаний к их выполнению, в особенности когда речь идет о критической ишемии нижних конечностей (КИНК) [8, 9].

Цель исследования

Определить тактику хирургического лечения больных с мультисегментарным атеросклеротическим поражением артерий нижних конечностей, у которых имеется гемодинамически значимое поражение глубокой артерии бедра и окклюзия поверхностной бедренной артерии.

Материал и методы исследования

В основу работы положены результаты обследования и лечения 99 пациентов, страдающих ХАН нижних конечностей, оперированных по поводу стеноокклюзирующего диффузного атеросклероза в отделении сосудистой хирургии ФГБУ «Северо-Западный окружной научно-клинический центр имени Л. Г. Соколова» ФМБА России (г. Санкт-Петербург). У 31 пациента из 99 имелись трофические язвы и/или некрозы на стопе, по поводу которых, помимо реваскуляризации, проводилось комплексное лечение, в том числе местная терапия, назначение

вазоактивных препаратов, а также антибиотики, подобранные по результатам бактериального посева с определением чувствительности. Все пациенты с перемежающейся хромотой в дооперационном периоде проходили комплексную консервативную терапию в течение не менее 6 месяцев, включающую медикаментозное лечение, занятия тренировочной ходьбой, соблюдение рекомендаций по отказу от курения и коррекции образа жизни, контроль артериального давления под наблюдением кардиолога. При отсутствии значимого клинического улучшения от консервативного лечения, сохранении перемежающейся хромоты, существенно ограничивающей качество жизни, пациенту рекомендовалось оперативное лечение.

Средний возраст пациентов составил 67,36 (8,48) года. В исследуемой когорте пациентов были 89 (89,9%) мужчин и 10 (10,1%) женщин. 47 пациентов (47,5%) являлись курильщиками на момент лечения, гипертоническая болезнь была диагностирована у 75 (75,8%) пациентов, сахарный диабет 2-го типа – у 23 (23,2%) пациентов (табл. 1). Для оценки степени ХАН использовалась классификация по А. В. Покровскому (1979). При наличии у больного трофических изменений оценка степени ХАН дополнялась классификацией по R. Rutherford (1997). КИНК устанавливалась на основании критериев по классификации TASC II (2007).

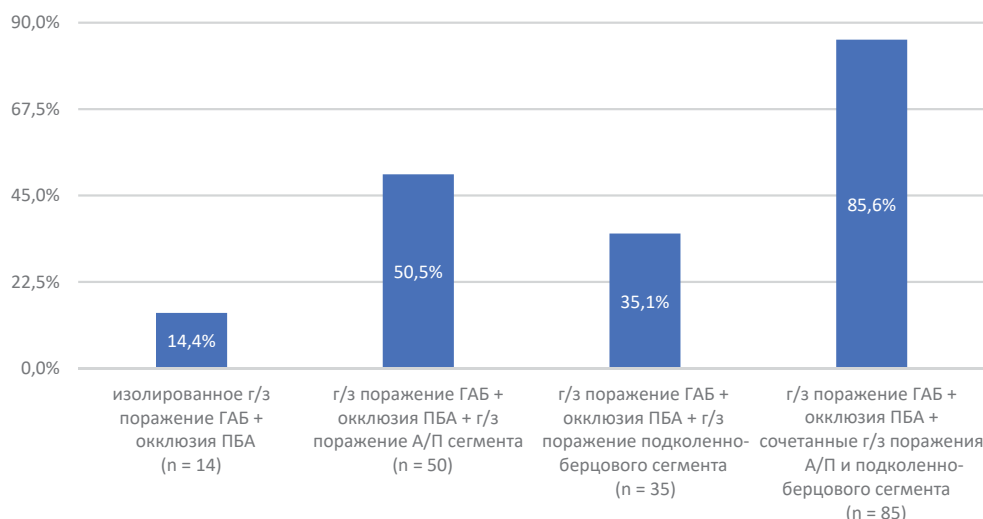


Рис. 1. Распределение больных в зависимости от локализации артериального поражения (n = 99)
(г/з поражение – гемодинамически значимое поражение, ГАБ – глубокая артерия бедра, ПБА – поверхностная бедренная артерия, А/П – аорто-подвздошный)

Исследование артерий нижних конечностей проводилось посредством ультразвукового дуплексного сканирования (УЗДС) с измерением лодыжечно-плечевого индекса (ЛПИ) (n = 99; 100%), МСКТ-ангиографии (n = 87; 87,9%), прямой рентгеноконтрастной ангиографии (n = 4; 4,0%). Показанием для оперативного лечения служило наличие гемодинамически значимого нарушения проходимости в артериях подвздошно-бедренного сегмента. Гемодинамическая значимость атеросклеротического поражения определялась на основании критериев, которыми служили стеноз по диаметру 70% и более по данным ангиографии, а также увеличение пиковой линейной скорости кровотока (плСК) 300 см/сек и более по данным УЗДС. У всех больных имели место окклюзия поверхностной бедренной артерии (ПБА) и гемодинамически значимый стеноз общей бедренной артерии (ОБА) с переходом на ГАБ на стороне оперируемой конечности. У 50 (50,5%) больных имелось гемодинамически значимое нарушение проходимости артерий подвздошного сегмента на стороне оперируемой конечности. Распределение пациентов в зависимости от поражения

артериального русла представлено на рисунке 1. Среднее значение ЛПИ у пациентов до операции составило 0,48 (0,33–0,52).

Состояние берцового сегмента оценивалось по количеству проходимых магистральных берцовых артерий (передняя и задняя большеберцовые артерии, малоберцовая артерия) на уровне нижней 1/3 голени и стопы (рис. 2). Среднее количество проходимых магистральных берцовых артерий составило 2,0, такое количество определялось у 63,3% больных.

Наличие проходимой одной или нескольких в совокупности следующих зон: нижняя 1/3 ПБА, подколенная артерия (ПКА) (частично или на всем протяжении), тibiоперонеальный ствол (частично или на всем протяжении) или проксимальный отдел как минимум одной из магистральных берцовых артерий – было объединено в понятие «реципиентная зона». Иными словами, нами было дано определение наличия или отсутствия магистрального русла, способного воспринимать коллатеральный кровоток из ГАБ. Из 89 пациентов, которым удалось достоверно определить проходимость указанных зон, наличие реципиентной зоны отмечалось

Таблица 2

Характеристика оперативных методов лечения

Характеристика		Пациенты (n = 99)
Изолированная феморопрофундопластика	Стандартная феморопрофундопластика	22 (22,2%)
	Поток-направляющая феморопрофундопластика	23 (23,2%)
Феморопрофундопластика с реваскуляризацией подвздошного сегмента в рамках гибридной операции	Стандартная феморопрофундопластика в комбинации с реваскуляризацией подвздошного сегмента	45 (45,5%)
	Поток-направляющая феморопрофундопластика в комбинации с реваскуляризацией подвздошного сегмента	5 (5,1%)
Изолированная эндоваскулярная реваскуляризация ГАБ	Баллонная ангиопластика ГАБ	3 (3,0%)
	Стентирование ГАБ	1 (1,0%)

у 85 (95,5%) больных. При этом у 4 больных, у которых она отсутствовала, наблюдались явления КИНК, а у 47 (55,3%) пациентов с сохраненной реципиентной зоной явления КИНК не отмечались. Реваскуляризация конечности хирургическим, эндоваскулярным и гибридным методами во всех случаях выполнялась через ГАБ и восстановление проходимости ОБА и ГАБ в изолированном виде или, если было необходимо, в сочетании с реконструкцией подвздошного сегмента (табл. 2).

Хирургическая открытая феморопрофундопластика (ФПП) в совокупности была выполнена 95 (95,9%) пациентам. У всех пациентов, которым была выполнена ФПП, вмешательство на ГАБ имело первичный характер. У 78 пациентов (78,8%) операция была проведена под эпидуральной анестезией, у 11 (11,1%) – под спинномозговой анестезией, и у 6 пациентов (6,1%) была применена комбинация эпидуральной и спинномозговой анестезии. Модифицированный метод протяженной феморопрофундопластики – поток-направляющая феморопрофундопластика (ПНФПП) – был выполнен 28 пациентам (28,3%). При этом у 5 больных (5,1%) ПНФПП выполнена в рамках гибридной операции вместе с восстановлением подвздошного сегмента. 67 пациентам (67,7%) ФПП была выполнена по классической методике, из них у 45 (45,5%) она была выполнена в рамках гибридной операции. При эндоваскулярной реваскуляризации подвздошного сегмента 49 пациентам (49,5%) выполнено стентирование подвздошных артерий и 1 пациенту – баллонная ангиопластика (БАП) катетером с лекарственным покрытием по поводу рестеноза после первичного стентирования наружной подвздошной артерии.

Эндоваскулярная реконструкция ГАБ во всех случаях была проведена в изолированном виде. У всех пациентов операция проводилась под местной анестезией. Среди эндоваскулярных методов реваскуляризации ГАБ у 3 больных была выполнена БАП ГАБ и у 1 пациента проведено стентирование ГАБ. БАП ГАБ проводилась пациентам, которым ранее первично уже осуществлялась ФПП и был выявлен гемодинамически значимый рестеноз в области пластики. При этом в 2 наблюдениях применялся комплаентный баллонный катетер без лекарственного покрытия и в 1 случае – баллонный катетер с лекарственным покрытием. Стентирование ГАБ было сделано 1 пациенту, так как проведение ФПП было связано с высоким риском развития сердечно-сосудистых осложнений в периоперационном периоде.

Противопоказанием для хирургического лечения являлись декомпенсация сердечной деятельности, низкие показатели сердечного выброса по данным эхокардиографии, острое течение ишемической болезни сердца, главным образом острый коронарный синдром, острый инфаркт миокарда,

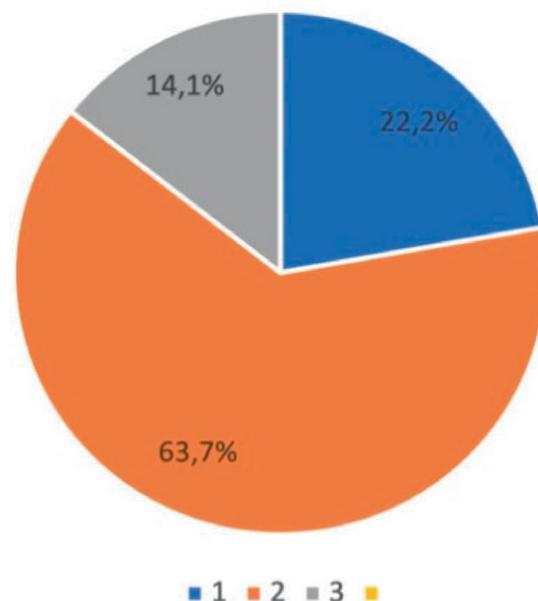


Рис. 2. Распределение больных в зависимости от количества проходимых магистральных берцовых артерий (n = 99)

пароксизм фибрилляции предсердий. В случае декомпенсации течения других сопутствующих хронических заболеваний (сахарный диабет, хроническая болезнь почек) оперативное лечение выполнялось после коррекции углеводного и водно-электролитного обмена.

В послеоперационном периоде пациентам было рекомендовано проводить УЗДС артерий нижних конечностей с измерением ЛПИ через 1, 3, 6 и 12 месяцев в первый год, а затем – 1 раз в 12 месяцев. Оценка и анализ послеоперационных результатов проводились по таким критериям, как клиническое улучшение, величина ЛПИ, динамика изменений дистанции безболевой ходьбы, заживление трофических изменений, первичная проходимость оперированного сегмента, сохранность оперированной конечности от ампутации, выживаемость. Первичная проходимость определялась как проходимость оперированного сегмента без признаков гемодинамически значимого рестеноза или необходимости повторного вмешательства. Осложнения в раннем послеоперационном периоде и смертность были определены как любое осложнение или смерть в течение 30 дней после операции. Сохранение конечности оценивалось в зависимости от выполнения большой ампутации (на уровне бедра или голени). Результаты лечения больных анализировались во время госпитализации, в раннем послеоперационном периоде (1 месяц после операции) и в позднем послеоперационном периоде (от 6 месяцев до 5 лет). Максимальный период наблюдения после эндоваскулярной реконструкции ГАБ составил 24 месяца. Оценка отдаленных результатов проводилась при обследовании пациентов в стационарных или амбулаторных условиях, часть пациентов была опрошена по телефону.

Описательная статистика для количественных величин представлена в виде среднего значения и стандартного отклонения $M(SD)$, если соответствующее выборочное распределение согласовано с нормальным. В случае негауссовского распределения указывались медиана и межквартильный размах $Me (Q1-Q3)$. Качественные величины представлены в виде частоты и доли в процентах от размера выборки для соответствующего значения $n (m\%)$. Проверка гипотез для независимых количественных величин осуществлялась при помощи t -критерия для нор-

мальных и критерия Манна – Уитни для негауссовских распределений. Для зависимых выборок – при помощи парного t -критерия в случае нормальных и критерия Уилкоксона в случае негауссовских распределений. Для качественных значений использовались критерии хи-квадрат и точный критерий Фишера (для небольших выборок). Нормальность проверялась при помощи критерия Шапиро – Уилка. Во всех случаях порогом статистической значимости считалось значение $p = 0,05$. Статистические расчеты проводились в программе R 4.1.2.

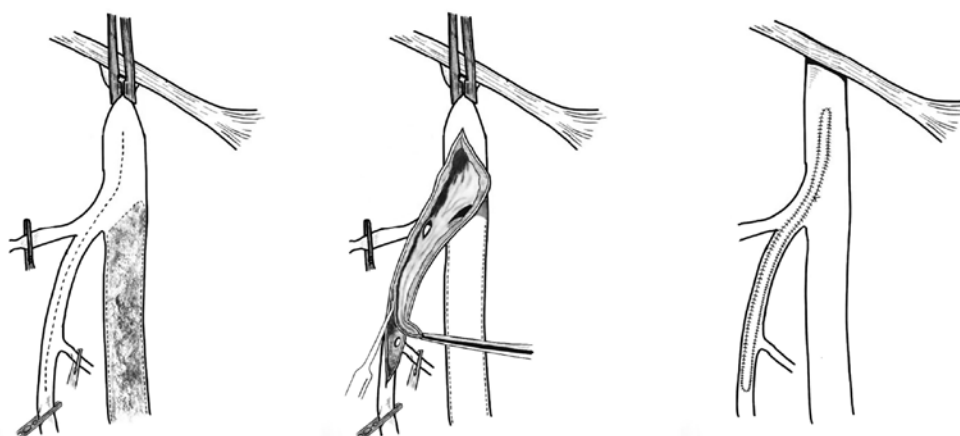


Рис. 3. Классическая техника феморопрофундопластики по P. Martin (1968)

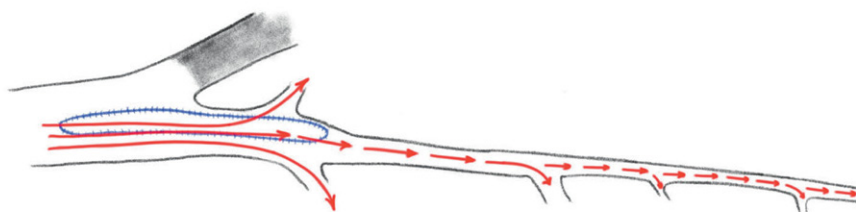


Рис. 4. Схематическое изображение механизма обкрадывания кровотока ветвями глубокой артерии бедра при выполнении классической феморопрофундопластики

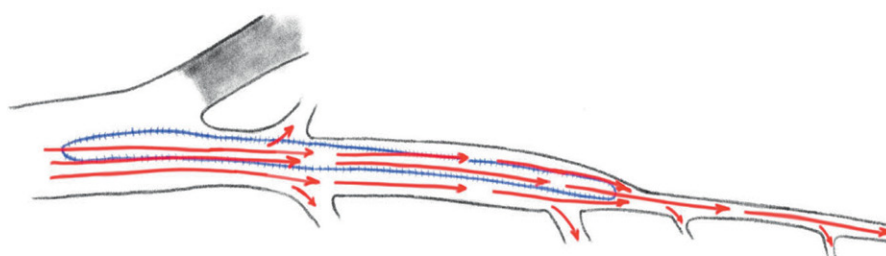


Рис. 5. Схематическое изображение механизма нивелирования обкрадывания кровотока при выполнении поток-направляющей феморопрофундопластики

Сбор и оценка отдаленных результатов велись посредством визитов больных в послеоперационном периоде, а также часть была опрошена по телефону. Анализ отдаленной проходимости реконструированного артериального сегмента, а также сохранности конечности и выживаемости осуществлялся с помощью метода Каплана – Майера.

Техника феморопрофундопластики

Стандартная ФПП выполнялась по методу P. Martin (1968) путем проведения артериотомии ОБА с переходом на ГАБ до уровня окончания атеросклеротического поражения в проксимальном отделе ствола, после чего проводилась прямая эндартерэктомия, а затем на место артериотомии вшивалась аутовенозная заплатка (рис. 3) [10].

При распространенном атеросклеротическом поражении ствола ГАБ выполнялась протяженная ФПП по модифицированной методике, предложенной L. Cotton (1973, 1975), отличающейся более протяженной артериотомией и пластикой ГАБ, в зависимости от распространенности атеросклеротического поражения [11]. Во всех случаях в качестве заплаты для выполнения пластики ОБА и ГАБ использовалась аутовена. Этап эндартерэктомии ОБА и ГАБ выполнялся у большинства пациентов (96,8%), при этом у 3 (3,2%) эндартерэктомия не проводилась ввиду дистального поражения ГАБ. Средняя протяженность пластики составила 7,00 (5,00–10,00) см.

Несмотря на предложенные модификации, результаты профундопластики в купировании симптомов ишемии по-прежнему остаются неоднозначными. Это связано в том числе с тем, что устранение атеросклеротического поражения самого по себе не во всех случаях приводит к достаточному гемодинамическому улучшению. Коллатерали генерулярной области, где, как правило, происходит сообщение с подколенно-берцовым сегментом (реципиентная зона) представляют область с высоким сопротивлением для кровотока из ГАБ [6, 7]. По мнению авторов, в условиях подобного сопротивления возможно перераспределение кровотока в крупные огибающие ветки ГАБ, за счет чего может происходить обкрадывание потока крови основного ствола артерии (рис. 4).

Для устранения подобного обкрадывания нами предложено выполнять профундопластику с такой протяженностью, чтобы диаметр ствола ГАБ превышал диаметр всех отходящих крупных веток ГАБ (латеральная и медиальная артерии, огибающие бедренную кость, первая перфорантная ветвь). Таким образом, протяженность профундопластики, по нашему мнению, для устранения возникающего гемодинамического сопротивления в основном стволе ГАБ и коллатералей реципиентной зоны и, как следствие, обкрадывания через проксимальные ветви ГАБ должна быть выполнена дистальнее первой перфорантной ветви, независимо от рас-

пространенности атеросклеротического процесса в ней. Такая хирургическая модификация ФПП была нами названа «поток-направляющая феморопрофундопластика» (ПНФПП) (рис. 5).

Основным отличием ПНФПП от расширенной профундопластики является то, что последняя выполняется только при наличии значимого атеросклеротического поражения ствола ГАБ, распространяющегося до перфорантных ветвей. Так как выполнение ПНФПП обусловлено необходимостью формирования потока крови по стволу ГАБ, чтобы избежать обкрадывания кровотока по его ветвям, показанием для использования этой методики будет являться гемодинамически значимое поражение ГАБ на любом из ее уровней, в том числе и только при приустьевом поражении. При выполнении ПНФПП во всех случаях протяженность пластики была более 10 см, а наибольшая длина пластики – 15 см.

Результаты исследования

Всего было выполнено 99 реконструктивных хирургических вмешательств на артериях подвздошно-бедренного и бедренного сегментов с реваскуляризацией конечности через ГАБ. Технический успех был в 100% случаев, интраоперационных осложнений не наблюдалось. Средняя длительность операции составила 210 (195–225) минут. Средний объем интраоперационной кровопотери был 180 (165–195) мл. При этом эндоваскулярные вмешательства сопровождались минимальной кровопотерей, не превышавшей 20 мл за операцию. Средняя длительность госпитализации в послеоперационном периоде составила 7,0 (6,0–8,0) суток.

В раннем послеоперационном периоде осложнения наблюдались у 8 пациентов (8,1%), 2 из которых потребовали повторных экстренных операций ввиду кровотечения из области аутовенозной пластики ГАБ. После повторных операций у 1 пациента развился острый инфаркт миокарда, и 1 пациент скончался вследствие острой сердечно-сосудистой недостаточности (табл. 3).

Другие возможные осложнения, такие как тромбоз или нарушение проходимости зоны реконструкции, забрюшинная гематома, инфекция послеоперационной раны, нарушение мозгового кровообращения в раннем послеоперационном периоде, не наблюдались.

Основными критериями клинического улучшения после проведенного лечения явились объективные (увеличение цифр ЛПИ, регресс трофических нарушений) и субъективные (купирование болевого синдрома, увеличение дистанции безболевого ходьбы) показатели изменения клинического статуса пациента. При статистической оценке критериев, влиявших на развитие клинического улучшения

Таблица 3

Осложнения в раннем послеоперационном периоде

Осложнение	Пациенты (n = 99)
Лимфостаз оперированной конечности	2 (2,0%)
Лимфорея области послеоперационной раны	1 (1,0%)
Пульсирующая гематома на стороне эндоваскулярного доступа	1 (1,0%)
Кровотечение из области аутовенозной пластики	2 (2,0%)
Острый инфаркт миокарда	1 (1,0%)
Летальный исход	1 (1,0%)

Таблица 4

Соотношение пациентов с увеличением дистанции безболевого ходьбы в раннем послеоперационном периоде по сравнению с дооперационным периодом

Дистанция безболевого ходьбы	До операции (n = 99)	Ранний п/о период (n = 98)
Более 1 км	0 (0,0%)	20 (20,4%)
200–1000 м	2 (2,0%)	37 (37,8%)
25–200 м	70 (70,7%)	36 (36,7%)
До 25 м	27 (27,3%)	5 (5,1%)

Примечание. Изменения по дистанции безболевого ходьбы между поступлением и ранним п/о периодом статистически значимы, $p = 0,002$.

Таблица 5

Соотношение пациентов в зависимости от увеличения дистанции безболевого ходьбы в отдаленном послеоперационном периоде по сравнению с дооперационным периодом

Дистанция безболевого ходьбы	Ранний п/о период (n = 98)	Поздний п/о период (n = 98)
Более 1 км	20 (20,4%)	66 (67,3%)
200–1000 м	37 (37,8%)	21 (21,4%)
25–200 м	36 (36,7%)	11 (11,2%)
До 25 м	5 (5,1%)	0 (0%)

Примечание. Изменения по дистанции безболевого ходьбы между поступлением и ранним п/о периодом статистически значимы, $p < 0,001$.

Таблица 6

Статистическая значимость влияния исследуемых критериев на купирование хронической ишемии нижних конечностей в послеоперационном периоде

	Клиническое улучшение	Заживление трофических нарушений	Увеличение дистанции ходьбы в раннем п/о периоде	Увеличение дистанции ходьбы в позднем п/о периоде	Увеличение ЛПИ в раннем п/о периоде	Увеличение ЛПИ в позднем п/о периоде
Вмешательство на подвздошных артериях	$p = 0,11$	$p = 0,09$	$p = 0,48$	$p = 0,64$	$p = 0,004^*$	$p = 0,40$
Изолированная поток-направляющая профундопластика	$p = 0,19$	$p = 0,80$	$p = 0,60$	$p = 0,64$	$p = 0,37$	$p = 0,93$
Вмешательство на подвздошных артериях в комбинации с поток-направляющей профундопластикой	$p = 0,013^*$	$p = 0,020^*$	$p = 0,68$	$p = 0,68$	–	–
Наличие реципиентной зоны	$p < 0,001^*$	$p = 0,07$	$p = 0,017^*$	$p = 0,008^*$	–	–

Примечание. * – зависимость статистически значимая ($p < 0,05$).

и его показателей, анализу подверглись такие критерии, как количество проходимых берцовых артерий, наличие реципиентной зоны, вмешательство на подвздошном сегменте, проведение изолированной ПНФПП или в комбинации с вмешательством на подвздошных артериях.

Согласно проведенному анализу, у 91 пациента (92,9%) отмечалось клиническое улучшение в послеоперационном периоде. У всех пациентов (за исключением одного возникшего летального случая) с ХАН II степени по А. В. Покровскому отмечено улучшение в послеоперационном периоде, в то время как у пациентов с КИНК (III и IV степени по А. В. Покровскому) клиническое улучшение достигнуто у 34 человек из 41 (82,9%).

Статистически достоверными критериями клинического улучшения в послеоперационном периоде явились проведение ПНФПП в комбинации с вмешательством на подвздошных артериях ($p = 0,013$) и наличие реципиентной зоны ($p < 0,001$). При этом наличие проходимых магистральных артерий на уровне дистального отдела голени вне зависимости от их количества не оказалось статистически значимым фактором клинического улучшения после профундопластики.

В раннем послеоперационном периоде у оперированных пациентов выявлено статистически достоверное увеличение дистанции безболевого ходьбы по сравнению с дооперационным периодом (табл. 4). При этом у 23 пациентов (23,7%) явления перемежающейся хромоты были полностью купированы или возникали более чем через 1 км. Наличие сохраненной реципиентной зоны ($p = 0,017$) и проходимой подколенной артерии ($p < 0,001$) также определены как независимые статистически значимые факторы эскалации дистанции безболевого ходьбы в раннем послеоперационном периоде.

В отдаленном послеоперационном периоде у пациентов определялось статистически значимое увеличение дистанции безболевого ходьбы по сравнению с ранним послеоперационным периодом (табл. 5). Согласно полученным данным, более чем у половины больных – у 66 пациентов (67,3%) – явления перемежающейся хромоты отсутствовали или ее симптомы возникали при ходьбе на расстоянии более 1 км. Этот результат на 46,9% больше по сравнению с ранним послеоперационным периодом. Наличие реципиентной зоны было определено как статистически значимый предиктор увеличения дистанции безболевого ходьбы в отдаленном послеоперационном периоде ($p = 0,008$). Средний ЛПИ в раннем послеоперационном периоде, измеренный на 7-е сутки после операции, составил 0,50 (0,38–0,57). При этом соотношение увеличения ЛПИ в раннем послеоперационном периоде по сравнению с ЛПИ до операции было 0,1 (0,0–0,2), что демонстрирует общую тенденцию к увеличению ЛПИ после лечения. Увеличе-

ние ЛПИ в раннем послеоперационном периоде у пациентов с вмешательством на подвздошных артериях в среднем составило 0,05 (0,04–0,06), что статистически значимо больше, чем у пациентов без вмешательства, у которых среднее увеличение ЛПИ было 0,02 (0,00–0,05), $p = 0,004$.

Регресс трофических изменений оценивался по следующим признакам: купирование воспаления (регресс гиперемии, болезненности, экссудативного процесса), появление участков грануляционной ткани, уменьшение в размерах, появление демаркационной линии. В раннем послеоперационном периоде регресс трофических изменений отмечался у 26 пациентов из 31 (83,9%). При этом полное заживление трофической язвы в течение первых 4 недель послеоперационного периода было отмечено у 21 пациента. Средний срок заживления трофической язвы в послеоперационном периоде составил 3 (3,00–4,00) недели. «Малые» трофические изменения (5-я категория ишемии по R. Rutherford) имели статистически достоверно большую склонность к заживлению по сравнению с «большими» (6-я категория по R. Rutherford), $p < 0,05$. У 2 пациентов отсутствовало заживление трофических язв в течение всего наблюдения (12 и 24 месяца), однако наблюдался их регресс с уменьшением в размерах. Статистически достоверным предиктором заживления трофических язв явилось проведение ПНФПП в комбинации с вмешательством на подвздошных артериях ($p = 0,020$). Среди пациентов с полным заживлением трофических изменений не было случаев рецидивов трофических язв. Отсутствие тенденции к регрессу трофических язв расценивалось как неэффективность проведенного лечения и сохранение КИНК. Таким образом, у 2 пациентов (2,0%) с III степенью ХАН и 5 пациентов (5,1%) с IV степенью ХАН по А. В. Покровскому сохранялись явления КИНК в раннем послеоперационном периоде. Во всех случаях отсутствия купирования ишемии было выполнено аутовенозное шунтирование – у 2 пациентов бедренно-подколенное шунтирование и у 5 пациентов бедренно-берцовое шунтирование. На 5-й неделе послеоперационного периода 1 пациенту была выполнена малая ампутация на уровне проксимальных фаланг пальцев стопы.

В таблице 6 приведены критерии и их статистическая значимость относительно влияния на купирование ХАН нижних конечностей в послеоперационном периоде.

Через 5 лет отдаленные послеоперационные результаты прослежены у 52 (52,5%) из 99 больных. Пятилетняя проходимость оперированного сегмента составила 97,0%. У 2 пациентов был выявлен гемодинамически значимый рестеноз ГАБ через 6 месяцев после стандартной ФПП, у 1 пациента – критический рестеноз ОБА через 12 месяцев после ПНФПП. Пациентам в плановом порядке

Таблица 7

Повторные операции в послеоперационном периоде

Операция	Пациенты (n = 99)
Ранний послеоперационный период	11 (11,1%)
Остановка кровотечения	4 (4,0%)
Аутовенозное бедренно-подколенное шунтирование	2 (2,0%)
Аутовенозное бедренно-берцовое шунтирование	5 (5,1%)
Отдаленный послеоперационный период	4 (4,0%)
Малая ампутация	1 (1,0%)
Баллонная ангиопластика ГАБ	2 (2,0%)
Тромбэктомия, баллонная ангиопластика бедренно-берцового шунта	1 (1,0%)

была проведена БАП баллонным катетером с лекарственным покрытием. За последующий период наблюдения (до 18 месяцев) у пациентов не было признаков рестеноза ГАБ и рецидива симптомов ХАН. Не было признаков гемодинамически значимых рестенозов у пациентов после вмешательства на подвздошном сегменте. Не было случаев тромбоза подвздошно-бедренного сегмента.

Характеристика повторных операций в послеоперационном периоде представлена в таблице 7. Пятилетняя сохранность оперированной нижней конечности от ампутации составила 100% (из 52 прослеженных пациентов). Средняя выживаемость – 53,8 месяца, 95% ДИ [50,4;57,2]. Выживаемость за 5 лет (76,9%) прослежена у 52 пациентов (12 умерших, 40 наблюдаемых 5 и более лет). Функция выживаемости отражена в таблице Каплана – Майера (рис. 6).

Обсуждение

Одной из основных задач нашей работы являлся анализ факторов, способствовавших развитию положительного клинического эффекта после операций по восстановлению непрямого кровотока через ГАБ, в том числе у пациентов с критической ишемией и трофическими язвами. Особое внимание уделялось состоянию магистрального русла, способного воспринимать коллатеральный кровоток из ГАБ, или реципиентной зоне, которая включает в себя наличие проходимой одной или нескольких в совокупности следующих зон: нижняя 1/3 ПБА, ПкА (частично или на всем протяжении), тibiоперонеальный ствол (частично или на всем протяжении) или проксимальный отдел как минимум одной из магистральных берцовых артерий. В литературе при оценке качества воспринимающего русла приводится анализ проходимости подколенной артерии и магистральных берцовых артерий как независимых факторов по отдельности [7, 12]. Для хирургической пластики ГАБ нами была предложена новая техническая модификация – поток-направляющая феморопрофундопластика, что было обусловлено необходимостью формирования

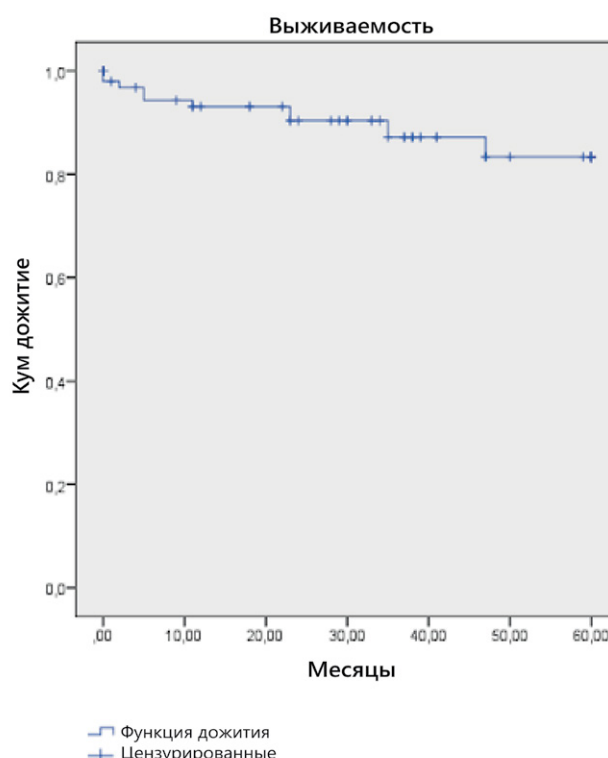


Рис. 6. Функция выживаемости прооперированных пациентов по методу Каплана – Майера

потока крови по стволу ГАБ, при этом с избеганием обкрадывания кровотока по его ветвям. Анатомические характеристики ГАБ могут также влиять и на долгосрочную проходимость после операций на подвздошно-бедренном сегменте. В исследовании N. Balasundaram и соавт. наличие у ГАБ более пяти ветвей диаметром более 2 мм явилось независимым статистически достоверным предиктором долгосрочной проходимости после операций на подвздошно-бедренном сегменте, в том числе и после ФПП [13]. Для оценки состояния артериального русла МСКТ-ангиография в настоящее время отодвинула прямую рентгеноконтрастную ангиографию с позиции «золотого

стандарта», за исключением случаев, когда у пациента имеются противопоказания для проведения МСКТ, к которым относятся аллергическая реакция на йодсодержащие препараты, почечная недостаточность [14].

В литературе приводятся противоречивые результаты относительно эффективности ФПП при КИНК. Н. Savolainen и соавт. отмечают, что в их исследовании не было ни одного случая заживления трофических изменений после выполнения профундопластики [15]. D. L. Rollins и соавт., напротив, указывали на высокую эффективность профундопластики при наличии трофических язв (заживление в 53% случаев) [16]. Согласно исследованию Л. А. Бокерия и соавт., выполнение ФПП позволяет получить целевые значения транскутанного напряжения кислорода для дальнейшего заживления трофических язв нижних конечностей у 86,8% пациентов [4].

В нашем исследовании клиническое улучшение было достигнуто у 92,9% пациентов, регресс трофических изменений в течение послеоперационного наблюдения был достигнут у 26 пациентов из 31 (в 83,9% случаев). При этом у 2 пациентов отсутствовало заживление трофических язв в течение всего наблюдения (12 и 24 месяца), однако наблюдался их регресс с уменьшением в размерах. Отсутствие заживления трофических язв в течение длительного срока наблюдения нельзя считать неудовлетворительным результатом, так как у этих пациентов сохраняется тенденция к уменьшению в размерах трофических язв, было полное купирование болевого синдрома в состоянии покоя, а дистанция безболевого ходьбы была достаточной, что не нарушает их трудоспособность. «Малые» трофические изменения (5-я категория ишемии по R. Rutherford) имели статистически достоверно большую склонность к заживлению по сравнению с «большими» (6-я категория по R. Rutherford). Статистически достоверным предиктором заживления трофических язв оказалось проведение ПНФПП в комбинации с вмешательством на подвздошных артериях ($p = 0,020$). Наличие сохраненной реципиентной зоны явилось статистически значимым предиктором клинического улучшения в послеоперационном периоде ($p < 0,001$), но не показало статистическую значимость в заживлении трофических язв в послеоперационном периоде ($p = 0,07$). Это, вероятно, связано с тем, что у части пациентов не произошло полного заживления язв в течение наблюдения, несмотря на купирование КИНК. В случае отсутствия реципиентной зоны, а также при наличии у пациента трофических изменений, соответствующих 6-й категории ХАН по R. Rutherford, нами рекомендуется выполнение операции с одномоментным восстановлением прямого кровотока в конечности.

Модифицированный метод протяженной ФПП – ПНФПП – был нами предложен для предотвра-

ния обкрадывания ветвями ГАБ в условиях повышенной резистентности в стволе ГАБ. Повышению резистентности в ГАБ способствует геометрический фактор. Геометрический анализ R. Berguer и соавт. определил важность этого фактора как причину снижения кровотока через ствол ГАБ. В любой бифуркации артерий большого калибра, включая бифуркацию ОБА, общая площадь поперечного сечения ветвей больше, чем в общем стволе. Когда ПБА окклюзирована, сосудистый тракт претерпевает резкое снижение калибра на уровне устья ГАБ. R. Berguer и соавт. продемонстрировали, что среднее значение отношения площадей (отношение площади поперечного сечения ГАБ к площади поперечного сечения ОБА) равна 0,5. Это означает, что независимо от наличия стенозирующего поражения ГАБ проксимальный отдел артерии сам по себе представляет собой анатомический стеноз около 50%. Начиная от уровня устьев артерий, огибающих бедренную кость, ствол ГАБ делится много раз на достаточно короткой дистанции. На каждом уровне деления общая площадь поперечного сечения увеличивается. Таким образом, в соответствии с геометрическими законами, степень проксимального стеноза будет постепенно уменьшаться на уровне каждого деления артерии. До тех пор, пока не будет достигнуто наиболее дистальное ответвление ствола, стенозирование ГАБ не будет полностью устранено. Таким образом, весь ствол ГАБ представляет собой геометрический и анатомический стеноз, что создает дополнительное сопротивление в артерии [17, 18]. Феномен обкрадывания ветвями основного ствола артерии описан при коронарном обкрадывании (coronary branch steal). В случае стенозирования основного ствола коронарной артерии происходит обкрадывание его дистального отдела за счет нестенозированных ветвей. Данный феномен подтвержден на основании как теоретических, так и экспериментальных моделей. При этом имеются наблюдения, когда после стентирования основного ствола коронарной артерии, напротив, происходит обкрадывание его ветвей [19]. Данный механизм обкрадывания универсален для всех артериальных бассейнов. Так как ветви ствола ГАБ преимущественно участвуют в кровоснабжении мышц бедра, подобным образом возможно обкрадывание дистального отдела ствола ГАБ, участвующего в сообщении с реципиентной зоной, за счет проксимально расположенных его ветвей.

Выполнение изолированной ПНФПП не показало статистической значимости для купирования ХАН. Это может быть связано с тем, что у пациентов с поражением подвздошного сегмента, а именно с проксимальным типом сосудистого поражения, имеется склонность к сохранению дистального магистрального и коллатерального русла на уровне подколенно-берцового сегмента. У всех пациентов,

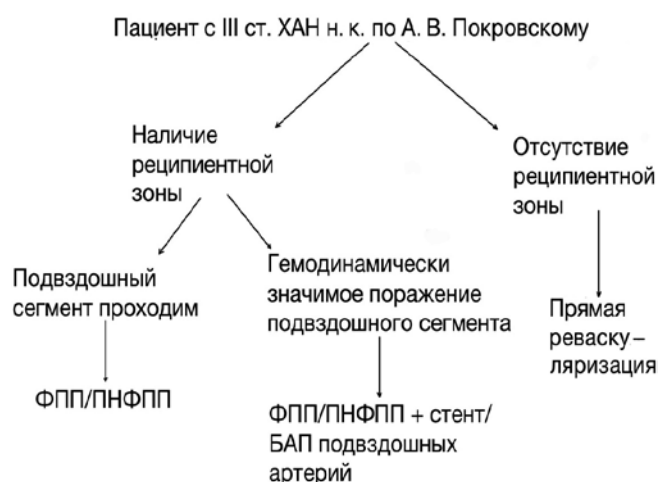


Рис. 7. Алгоритм по тактике лечения хронической ишемии нижних конечностей III степени по А. В. Покровскому у пациентов с гемодинамически значимым поражением глубокой артерии бедра и окклюзией поверхностной бедренной артерии

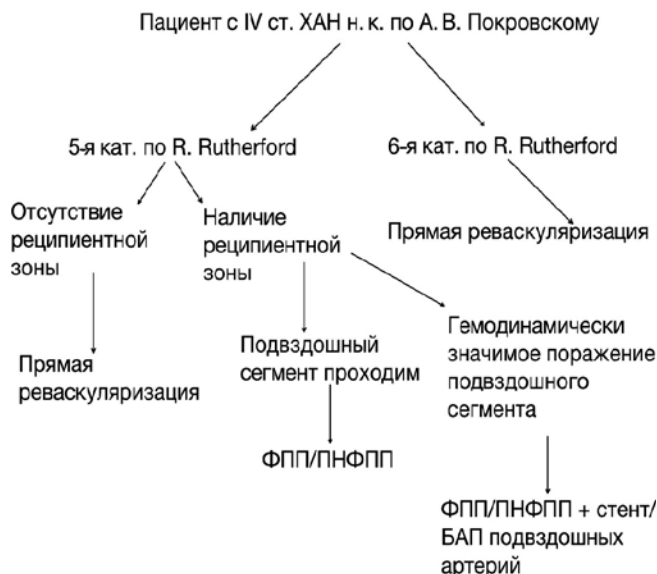


Рис. 8. Алгоритм по тактике лечения хронической ишемии нижних конечностей IV степени по А. В. Покровскому у пациентов с гемодинамически значимым поражением глубокой артерии бедра и окклюзией поверхностной бедренной артерии

у которых отсутствовала реципиентная зона, подвздошный сегмент был полностью проходим. Проведение ПНФПП в комбинации с вмешательством на подвздошных артериях явилось статистически достоверным ($p = 0,013$) критерием клинического улучшения в послеоперационном периоде. Несмотря на это, ввиду отсутствия сравнительных данных для групп пациентов, у которых бы выполнялись различные методы профундопластики, данный критерий следует рассматривать как возможный фактор влияния на клиническую эффективность изолированной профундопластики и профундопластики с вмешательством на подвздошных артериях.

Требуется дополнительные исследования с большим количеством пациентов и группами сравнения методов, чтобы рекомендовать выполнение ПНФПП. На основании анализа всех в совокупности полученных результатов лечения больных с КИНК, в том числе с формированием трофических язв, нами предложены алгоритмы по тактике лечения (рис. 7, 8).

Исследование имеет ограничения, которые заключаются в ретроспективном характере, небольшом количестве пациентов с эндоваскулярной реконструкцией ГАБ, а также ограниченный срок наблюдения после таких операций. В исследова-

нии отсутствует группа сравнения, так как одной из основных задач исследования был поиск предикторов, прогнозирующих эффективность операций по восстановлению кровотока через ГАБ. Требуется проведение экспериментального исследования для достоверной оценки гемодинамической эффективности ПНФПП.

Выводы

Полученные результаты свидетельствуют о высокой эффективности реваскуляризации конечности через ГАБ. Хирургические, эндоваскулярные реконструктивные операции на ГАБ, а также гибридные операции в комбинации с эндоваскулярным восстановлением артерий подвздошного сегмента сопряжены с низким риском летальности и осложнений как в ближайшем, так и в отдаленном послеоперационном периодах, позволявших в большинстве случаев купировать симптомы ишемии, в том числе у пациентов с КИНК и трофическими язвами, и сохранить нижнюю конечность. Предиктором эффективной реваскуляризации через ГАБ при КИНК является наличие реципиентной зоны. Нами не рекомендуется выполнение реваскуляризирующих операций через ГАБ в случае отсутствия реципиентной зоны, а также при наличии трофических нарушений, соответствующих 6-й категории ХАН по R. Rutherford.

дарственную поддержку научных исследований, проводимых под руководством ведущих ученых.

Funding

Research support: grant of the Ministry of Education and Science N 075-15-2022-1110.

Финансирование

Работа выполнена в рамках реализации постановления Правительства Российской Федерации № 220 и Соглашения от 30.06.2022 № 075-15-2022-1110 о предоставлении Правительством РФ из федерального бюджета гранта в форме субсидии на госу-

ЛИТЕРАТУРА

1. Светликов А. В., Ишпулаева Л. Э. Современная стратегия улучшения отдаленных результатов хирургического лечения заболеваний периферических артерий // *Ангиология и сосудистая хирургия*. – 2020. – Т. 26, № 4. – С. 23–31. – DOI: <https://doi.org/10.33529/ANGIO2020423>
2. Outcome after endovascular treatment of deep femoral artery stenosis: results in a consecutive patient series and systematic review of the literature / P. Dick, W. Mlekusch, S. Sabeti [et al.] // *J. Endovasc. Ther.* – 2006. – Vol. 13 (2). – P. 221–228. – DOI: <https://doi.org/10.1583/05-1766R.1>
3. Comparative analysis of endovascular intervention and endarterectomy in patients with femoral artery disease: a systematic review and meta-analysis / N. Ravikumar, G. Sreejith, S. H. C. Law [et al.] // *Hematol. Rep.* – 2022. – Vol. 14 (2). – P. 179–202. – DOI: <https://doi.org/10.3390/hematolrep14020026>
4. Результаты изолированной профундопластики в сравнении с дистальным шунтированием у больных с сахарным диабетом и трофическими язвами / Л. А. Бокерия, В. С. Аракелян, В. Г. Папиташивили [и др.] // *Кубанский научный медицинский вестник*. – 2020. – Т. 27, № 2. – С. 38–48. – DOI: <https://doi.org/10.25207/1608-6228-2020-27-2-38-48>
5. Гавриленко А. В., Котов А. Е., Лепшоков М. К. Результаты профундопластики у пациентов с критической ишемией нижних конечностей // *Хирургия*. – 2017. – № 9. – С. 17–22. – DOI: <https://doi.org/10.17116/hirurgia2017917-22>
6. Strandness D. E. Jr. Functional results after revascularization of the profunda femoris artery // *Am. J. Surg.* – 1970. – Vol. 119 (3). – P. 240–245. – DOI: [https://doi.org/10.1016/0002-9610\(70\)90043-7](https://doi.org/10.1016/0002-9610(70)90043-7). – PMID: 5443925
7. Profundapopliteal collateral index. A guide to successful profundaplasty / C. H. Boren, J. B. Towne, V. M. Bernhard [et al.] // *Arch. Surg.* – 1980. – Vol. 115 (11). – P. 1366–1372. – DOI: <https://doi.org/10.1001/archsurg.1980.01380110098015>
8. Clinical outcomes from profundoplasty performed as a sole procedure for revascularization in critically ischaemic limbs / M. Elsharkawi, M. Elkassaby, N. McVeigh [et al.] // *Vascular*. – 2021. – Vol. 29 (3). – P. 396–403. – DOI: <https://doi.org/10.1177/1708538120963901>
9. Изолированная пластика глубокой бедренной артерии в лечении больных с хронической ишемией нижних конечностей атеросклеротического генеза / А. В. Кебряков, А. В. Светликов, Т. Х. Гамзатов [и др.] // *Регионарное кровообращение и микроциркуляция*. – 2022. – Т. 21, № 3. – С. 12–19. – DOI: <https://doi.org/10.24884/1682-6655-2022-21-3-12-19>
10. Martin P., Crawford J. The rationale for and measurement after profundaplasty // *Surg. Clin. North Am.* – 1974. – Vol. 54 (1). – P. 95–109.
11. Cotton L. T., Roberts V. C. Extended deep femoral angioplasty: An alternative to femoropopliteal bypass // *Br. J. Surg.* – 1975. – Vol. 62 (5). – P. 340–343. – DOI: <https://doi.org/10.1002/bjs.1800620503>
12. Patient selection for isolated profundaplasty. Arteriographic correlates of operative results / R. A. Mitchell, G. E. Bone, R. Bridges [et al.] // *Am. J. Surg.* – 1979. – Vol. 138 (6). – P. 912–919. – DOI: [https://doi.org/10.1016/0002-9610\(79\)90321-0](https://doi.org/10.1016/0002-9610(79)90321-0)
13. Importance of the profunda femoris upon patency following aortoiliac procedures / N. Balasundaram, J. N. Whitrock, D. J. Braet [et al.] // *J. Vasc. Surg.* – 2022. – Vol. 76 (1). – P. 180–187. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jvs.2022.02.043>
14. Роль магнитно-резонансной томографии в лучевой диагностике аневризмы брюшного отдела аорты / С. С. Саидов, С. К. Скульский, Н. П. Морозова [и др.] // *Вестник медицинского института «РЕАВИЗ»: Реабилитация, Врачи и Здоровье*. – 2022. – № 12 (4). – С. 22–35. – DOI: <https://doi.org/10.20340/vmirvz.2022.2.CLIN.8>
15. Small is beautiful: why profundaplasty should not be forgotten / H. Savolainen, A. Hansen, N. Diehm [et al.] // *World J. Surg.* – 2007. – Vol. 31 (10). – P. 2058–2061. – DOI: <https://doi.org/10.1007/s00268-007-9188-y>
16. Isolated profundaplasty for limb salvage / D. L. Rollins, J. B. Towne, V. M. Bernhard [et al.] // *J. Vasc. Surg.* – 1985. – Vol. 2 (4). – P. 585–590. – DOI: <https://doi.org/10.1067/mva.1985.avs0020585>
17. Berguer R., Higgins R. F., Cotton L. T. Geometry, blood flow, and reconstruction of the deep femoral artery // *Am. J. Surg.* – 1975. – Vol. 130 (1). – P. 68–73. – DOI: [https://doi.org/10.1016/0002-9610\(75\)90460-2](https://doi.org/10.1016/0002-9610(75)90460-2). – PMID: 1155718
18. Merlini M. P., van Dongen R. J. A. M., Dusmet M. Surgery of the deep femoral artery. – Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 1994. – 182 p.
19. Gould K. L., Kirkeeide R., Johnson N. P. Coronary branch steal: experimental validation and clinical implications of interacting stenosis in branching coronary arteries // *Circ. Cardiovasc. Im.* – 2010. – Vol. 3 (6). – P. 701–709. – DOI: <https://doi.org/10.1161/CIRCIMAGING.110.937656>

КЛИНИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ T1-КАРТИРОВАНИЯ МИОКАРДА В СПОРТИВНОЙ МЕДИЦИНЕ

¹М. С. Баев, ¹Г. Е. Труфанов, ¹А. В. Рыжков, ^{1,2}А. С. Грищенко

¹ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр имени В. А. Алмазова» Минздрава России

²ФГБУ «Северо-Западный окружной научно-клинический центр имени Л. Г. Соколова» ФМБА России

¹M. S. Baev, ¹G. E. Trufanov, ¹A. V. Ryzhkov, ^{1,2}A. S. Grishchenkov

CLINICAL APPLICATION OF T1 MYOCARDIAL MAPPING IN SPORTS MEDICINE

¹National Medical Research Center named after V. A. Almazov of the Ministry of Health of Russia

²North-West District Research Clinical Center named after L. G. Sokolov of the Federal Medical-Biological Agency

РЕФЕРАТ. В настоящее время магнитно-резонансная томография получила широкое распространение в клинической практике при диагностике различных заболеваний миокарда. Измерение времени T1 для дальнейшей количественной оценки фиброза миокарда, фракции внеклеточного объема позволяет заменить проведение пункционной биопсии миокарда. Помимо этого, количественные измерения T1-ВИ помогают оценить морфологию сердца у профессиональных спортсменов, а также динамику ремоделирования миокарда под воздействием физических нагрузок.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: магнитно-резонансная томография, миокард, T1-картирование, морфология сердца, внеклеточный объем жидкости, профессиональные спортсмены.

SUMMARY. Currently, magnetic resonance imaging has become widespread in clinical practice in the diagnosis of various myocardial diseases. Measurement of T1 time for further quantitative assessment of myocardial fibrosis, fraction of extracellular volume can replace puncture biopsy of the myocardium. In addition, these quantitative measurements help to assess the morphology of the heart in professional athletes as well as the dynamics of myocardial remodeling under the influence of physical exertion.

KEYWORDS: magnetic resonance imaging, myocardium, T1-mapping, cardiac morphology, extracellular fluid volume, professional athletes.

Введение

Внедрение методики T1-картирования в магнитно-резонансной томографии (МРТ) позволяет неинвазивно проводить оценку структурных изменений миокарда [1, 2]. Методика картирования основана на измерении времени T1-релаксации с дальнейшим построением пиксельной карты, которая определяет количественные характеристики миокарда [3, 4].

Время T1-релаксации увеличивается при расширении интерстициальной ткани, вызванном отеком, инфарктом, инфильтрацией амилоида, а также фиброзом, и уменьшается при накоплении жира и железа [4]. Картирование миокарда производится как при нативном исследовании, так и после введения парамагнитного контрастного вещества с измерением фракции внеклеточного объема [5].

Данная методика способствует анализу функциональных и морфологических изменений в сердце спортсмена и динамической оценке изменений миокарда во время тренировочного процесса [2, 6]. T1-картирование также применяется в дифференциальной диагностике между физиологическим ремоделированием миокарда и патологическими изменениями сердца под воздействием

повышенных физических нагрузок у профессиональных спортсменов [6].

В данной статье представлены референсные значения количественных показателей при T1-картировании миокарда, количественные показатели при различных нозологиях, а также количественные характеристики времени T1-релаксации при спортивном сердце.

Результаты исследования

Концепция использования T1-картирования для характеристики ткани миокарда лежит в основе магнитных свойств ткани миокарда, которая обладает дискретными тканевыми нормальными диапазонами, указанными в миллисекундах. Следовательно, отклонение T1 миокарда от нормального диапазона должно характеризовать измененный миокард в виде вокселя [7].

Определение нормальных диапазонов времени T1-релаксации миокарда важно для интерпретации измеренных значений нативного T1 и фракции внеклеточного объема миокарда. В таблице 1 приведены результаты, полученные в когортах, состоящих из не менее 50 здоровых объектов исследования.

Значения времени T1-релаксации и объема внеклеточной жидкости при патологических изменениях миокарда

Результаты исследований свидетельствуют об удлинении времени T1-релаксации при расширении интерстициальной ткани миокарда, обусловленной отеком, фиброзом, а также инфильтрацией амилоида. При накоплении в миокарде железа и жира время T1-релаксации уменьшается. Это означает, что сигнал миокарда на T1-карте является неинвазивным способом определения состояния миокарда [4].

Значения T1 и ECV позволяют провести количественную оценку очаговых, а также диффузных патологических изменений миокарда (рис. 1). В фиброзной ткани откладывается контрастный препарат на основе гадолиния, и это сокращает время T1 по сравнению с нормальным здоровым миокардом.

Lake Louise критерии миокардита должны обязательно включать два из трех проявлений: отек, гиперемия миокарда, наличие зоны отсроченного накопления контрастного вещества миокардом. Данные критерии разрабатывались до широкого применения T1-картирования [57].

Оценка фракции внеклеточной жидкости и сопоставление с данными отсроченного контрастирования значительно улучшают диагностическую точность, а нормальный объем внеклеточной жидкости с высокой степенью уверенности исключает повреждение миокарда. Исследования предположили, что наиболее эффективными методиками визуализации для верификации диагноза острого миокардита в порядке убывания являются T1-картирование, T2-картирование, оценка объема внеклеточной жидкости и критерии Lake Louise [35, 57].

Болезнь Фабри – это внутриклеточная лизосомная болезнь накопления глоботриаозилцерамида в тканях при дефиците фермента α -галактозидазы A.

Этот липид вызывает снижение T1, благодаря чему T1-картирование может надежно проводить дифференциальный диагноз между болезнью Фабри и другими формами концентрической гипертрофии левого желудочка. Уменьшение значения T1 наблюдается у 50–60% пациентов до гипертрофии левого желудочка, поэтому этот критерий применяется как признак раннего поражения миокарда, и это соотносится со снижением общей продольной деформации, по данным ультразвукового исследования сердца.

Острый инфаркт миокарда можно визуализировать при помощи методики отсроченного контрастирования, при этом T1-картирование и оценка внеклеточного объема может предоставлять дополнительную диагностическую информацию, а также прогнозировать динамику заболевания. Нативный сигнал T1 от ткани миокарда, а так-

же фракция внеклеточного объема повышаются при остром инфаркте миокарда.

Объем внеклеточной жидкости коррелирует с фракцией выброса и глобальной сократимостью миокарда, что позволяет дать оценку данной методике как эффективному предиктору функционального восстановления левого желудочка при реперфузированном остром инфаркте миокарда [36]. Также объем внеклеточной жидкости и нативный T1 сигнал возрастают при хронической ишемии миокарда, но их значения ниже в отличие от острого инфаркта миокарда [37].

При амилоидозе на отсроченном контрастировании выявляются характерные субэндокардиальные и интрамиокардиальные участки накопления контрастного вещества, соответствующие инфильтратам в интерстициальном пространстве. Определение нативного времени T1 и объем внеклеточной жидкости имеют большее прогностическое значение, чем методика с отсроченным контрастированием миокарда [58].

При перенасыщении железом ткани миокарда уменьшается время релаксации как в T1-, так и в T2-взвешенности [38]. Для определения насыщенности миокарда железом золотым стандартом является оценка T2-изображений со звездой (T2*). Эта методика позволяет определять целесообразность проведения хелатной терапии [39]. Методика T1-картирования может являться дополнительным инструментом в диагностике насыщения миокарда железом. Нативный T1-сигнал от миокарда сопоставляется с T2*, а также обладает потенциальным достоинством в виде большей воспроизводимости, и при использовании картирования можно визуализировать более низкие уровни насыщения железа, которые при использовании T2* могут быть не оценены [40].

Диффузный фиброз миокарда при дилатационной кардиомиопатии может являться признаком прогрессирования, а также ремоделирования миокарда, что не визуализируется при применении методики отсроченного контрастирования. Выявление раннего фиброза миокарда в T1-картировании при дилатационной кардиомиопатии может использоваться в прогнозе неблагоприятных последствий и помочь в своевременной терапии. При гипертрофической кардиомиопатии возникают нарушения структуры миокарда, мелких сосудов, а также фиброзные изменения. При данном заболевании повышается показатель нативного T1, который имеет наиболее высокие числовые параметры в области максимальной гипертрофии миокарда [41]. Значение времени T1 также может быть увеличено у пациентов с гипертрофической кардиомиопатией без явной гипертрофии, что говорит о потенциальной клинической значимости T1-картирования как раннего маркера гипертрофической кардиомиопатии. Объем внеклеточной

жидкости может различаться между гипертрофической кардиомиопатией и спортивным сердцем, так как при последнем отмечается сниженная фракция внеклеточного объема в гипертрофированных участках [42].

При стенозе аортального клапана образуется интерстициальный фиброз. Было продемонстрировано, что значения нативного времени T1 и объема внеклеточной жидкости возрастают при стенозе аортального клапана, особенно при выраженных вариантах ремоделирования левого желудочка [43]. Была показана прогностическая значимость объема внеклеточной жидкости при стенозе аортального клапана, а также корреляция с гистологическими результатами индекса фракции объема внеклеточной жидкости, полученного из произведения фракции объема внеклеточной жидкости и конечного диастолического объема левого желудочка с индексом площади поверхности тела [44].

В клинических исследованиях были проанализированы изменения значений времени T1 и объема внеклеточной жидкости (табл. 2 и 3) при различных патологических процессах [3].

Оценка изменений миокарда с использованием T1-картирования у профессиональных спортсменов

В исследовании С. А. Görmeli и соавт. (2016) были проанализированы данные MPT сердца у 46 спортсменов, занимающихся спортом до 5 и более 5 лет, и 41 здорового объекта исследования из контрольной группы, не занимающегося спортом [6]. Результаты были значительно выше у спортсменов, которые занимались спортом более 5 лет, по сравнению с контрольной группой, не занимающейся спортом, и спортсменами, которые занимались спортом менее 5 лет.

Было показано, что конечный диастолический объем и конечная диастолическая масса левого желудочка, толщина стенки межжелудочковой перегородки, нативное значение T1 левого желудочка и межжелудочковой перегородки были выше в группе спортсменов, занимающихся спортом более 5 лет, чем в контрольной группе, не занимающейся спортом. При этом не выявлено значительных различий в показателях конечного диастолического объема, конечной диастолической массы левого желудочка и толщины стенки межжелудочковой перегородки у спортсменов, занимающихся спортом менее 5 лет, по сравнению с контрольной группой, не занимающейся спортом, однако значения T1 были умеренно выше у спортсменов, которые занимались спортом менее 5 лет [6].

Заключение

Использование методики T1-картирования в диагностике заболеваний сердца, предикторов патологических состояний миокарда у профессиональных спортсменов под воздействием повышенных физических нагрузок может способствовать проведению своевременных профилактических и при необходимости терапевтических мероприятий.

Особенностью данной методики является диагностика интерстициального типа фиброза миокарда, характерного для патологического спортивного сердца, являющегося одним из предикторов внезапной сердечной смерти.

Количественная оценка изменений структуры сердца при использовании T1-картирования позволяет объективизировать эффективность лечебных мероприятий, а также проводить динамическую характеристику состояния миокарда

Таблица 1

Референсные значения T1 и фракции объема внеклеточной жидкости

Работы	F, A	Gd, ммоль/кг	Δt, мин.	ROI	N	Возраст, лет	T1, мс	T1, м/ж, мс	ECV, %	ECV, м/ж, %
1.5 T MOLLI 3(3)3(3)5										
D. Dabir et al. [8]	50	0.1–0.2	18	global (1 sa) septal (1 sa)	110		941 ± 58 957 ± 22	957 ± 23 / 955 ± 22	23 ± 3	25 ± 3 / 23 ± 4
F. aus dem Siepen et al. [9]	35	0.2	10	global (1 sa)	56	52 ± 9	1020 ± 40		23 ± 3	
D. Carrick et al. [10]	35			global (1 sa)	50	54 ± 13	958 ± 24	968 ± 23 / 948 ± 20		
S. M. Rauhalammi et al. [11]	35	0.15	10–15	global (3 sa) septal (3 sa) lateral (3 sa)	84	45 ± 18	944 ± 25 956 ± 44 939 ± 54		25 ± 2 25 ± 3 26 ± 3	
J. A. Luetkens et al. [12]	35	0.2	10–12	global (3 sa)	50	39 ± 17	967 ± 28		28 ± 6	

Таблица 1 (продолжение)

Работы	F, A	Gd, ммоль/кг	Δt, мин.	ROI	N	Возраст, лет	T1, мс	T1, м/ж, мс	ECV, %	ECV, м/ж, %
1.5 T MOLLI 5(3)3 native, MOLLI 4(1)3(1)2 после контрастирования										
J. Goebel et al. [13]	35			global (1 sa)	54	48 ± 11	955 ± 34			
H. Bulluck et al. [14]	35			septal (1 sa)	101	46 ± 13	1013 ± 27	1025 ± 26 / 1013 ± 21		
J. Nickander et al. [15]	35			septal (1 sa)	77		1027 ± 38	1042 ± 38 / 1012 ± 30		
S. Rosmini et al. [16]	35	0.1	15	global (1 sa)	94	50 ± 14	1024 ± 39	1043 ± 37 / 1008 ± 33	27 ± 3	29 ± 3 / 26 ± 2
1.5 T shMOLLI										
M. Fontana et al. [17]	35	медленная инфузия		septal (4 ch)	50				27 ± 3	
S. K. Piechnik et al. [18]	35			global (1–7 sa)	342	38 ± 15	962 ± 25	974 ± 23 / 950 ± 20		
V. M. Ferreira et al. [19]	35			global	50	41 ± 13	946 ± 23			
M. Fontana et al. [20]	35			septal (4 ch)	52	46 ± 15	967 ± 34			
S. Pica et al. [21]	35			septal (1 sa)	63	47 ± 16	968 ± 32	978 ± 34 / 956 ± 27		
S. M. Banyersad et al. [22]	35	медленная инфузия		septal (4 ch)	54	46 ± 15	954 ± 34		25 ± 2	
D. M. Sado et al. [23]	35			septal (1 sa)	67		968 ± 32			
T. A. Treibl et al. [24]	35	медленная инфузия		septal (1 sa)	50		955 ± 30		26 ± 2	
J. A. Luetkens et al. [12]	35	0.2	10–12	global (3 sa)	50	39 ± 17	831 ± 27		25 ± 4	
S. Rosmini et al. [16]	35	0.1	15	global (1 sa)	94	50 ± 14	957 ± 30	966 ± 31 / 948 ± 26	28 ± 3	30 ± 3 / 27 ± 3
1.5 T SASHA										
S. Rosmini et al. [16]	70	0.1	15	global (1 sa)	94	50 ± 14	1144 ± 45	1171 ± 41 / 1120 ± 35	24 ± 3	26 ± 2 / 23 ± 2
3 T MOLLI 3(3)3(3)5										
F. von Knobelsdorff-Brenkenhoff et al. [25]	35			global (3 sa)	60	48 ± 17	1158 ± 73			
C. Y. Liu et al. [26]	35			septal (4 ch)	92	36 ± 13	1232 ± 51	1239 ± 51 / 1224 ± 49		
D. Dabir et al. [8]	50	0.1–0.2	18	septal (1 sa)	105			1054 ± 25 / 1053 ± 2		25 ± 5 / 24 ± 5
S. M. Rauhalammi et al. [11]	35	0.15	10–15	global (3 sa) septal (3 sa) lateral (3 sa)	84	45 ± 18	1155 ± 26 1158 ± 46 1149 ± 57			

Таблица 1 (продолжение)

Работы	F, А	Gd, ммоль/кг	Δt, мин.	ROI	N	Возраст, лет	T1, мс	T1, м/ж, мс	ECV, %	ECV, м/ж, %
C. Roy et al. [27]	35	0.2	12	global (1 sa) septal (1 sa)	75	56 ± 19	1122 ± 57 1162 ± 81	1139 ± 38 / 1109 ± 73 1194 ± 48 / 1128 ± 103	27 ± 3 28 ± 4	28 ± 3 / 25 ± 2 29 ± 3 / 27 ± 4
Y. Dong et al. [28]	35	0.15	15	global (3 sa)	69	46 ± 16	1202 ± 45	1221 ± 56 / 1181 ± 45	27 ± 3	28 ± 3 / 26 ± 3
3 T shMOLLI										
B. T. Costello et al. [29]	35	0.2		global (1 sa)	57	48 ± 15	1125 ± 45		25 ± 3	
3 T SASHA										
B. T. Costello et al. [29]	50	0.2		global (1 sa)	57	48 ± 15	1494 ± 43		20 ± 2	

Примечание. Диапазоны указаны как средние ± стандартное отклонение. FA (flip angle) – угол поворота последовательности считывания; Gd – доза гадолиния; Δt – время между болюсным введением контрастного вещества и постконтрастным T1-картированием; ROI (evaluated region-of-interest) – оцениваемая интересующая область с количеством срезов и ориентацией срезов в скобках; N – количество субъектов; м/ж – пол.

Таблица 2

Диапазоны значений времени T1 при различных нозологиях миокарда

Нозология	Нативное значение T1 [Тл; последовательность; n]	Z-показатель	Ссылки
Стеноз аортального клапана	1191 ± 34 [3,0 Тл; MOLLI; 20]	+0,4	C. W. Chin et al. [43]
Гипертоническая болезнь	955 ± 30 [1,5 Тл; ShMOLLI; 38]	–0,3	T. A. Treibel et al. [45]
Гипертрофическая кардиомиопатия	1026 ± 64 [1,5 Тл; ShMOLLI; 44]	+1,7	M. Fontana et al. [20]
Дилатационная кардиомиопатия	1056 ± 62 [1,5 Тл; MOLLI; 29]	+0,9	F. aus dem Siepen et al. [9]
Острый инфаркт миокарда	1245 ± 75 [1,5 Тл; MOLLI; 38]	+9,8	H. Bulluck et al. [46]
Болезнь Фабри	853 ± 50 [1,5 Тл; ShMOLLI; 36]	–3,6	S. Pica et al. [21]
Перенасыщение железом	863 ± 138 [1,5 Тл; ShMOLLI; 53]	–4,1	D. M. Sado et al. [21]
AL-амилоидоз	1130 ± 68 [1,5 Тл; ShMOLLI; 79]	+4,8	M. Fontana et al. [20]
TTR-амилоидоз	1097 ± 43 [1,5 Тл; ShMOLLI; 85]	+3,8	M. Fontana et al. [20]
Острый миокардит	1064 ± 37 [1,5 Тл; MOLLI; 61]	+6,2	R. Hinojar et al. [47]
«Выздоровливающий» миокардит	995 ± 19 [1,5 Тл; MOLLI; 67]	+6,2	Hinojar et al. [47]

Примечание. Значения T1 для каждого заболевания были получены из одной репрезентативной работы в опубликованной литературе (существуют и другие соответствующие работы). Указанные диапазоны применимы только к последовательности, протоколу визуализации, напряженности поля и конфигурации томографа.

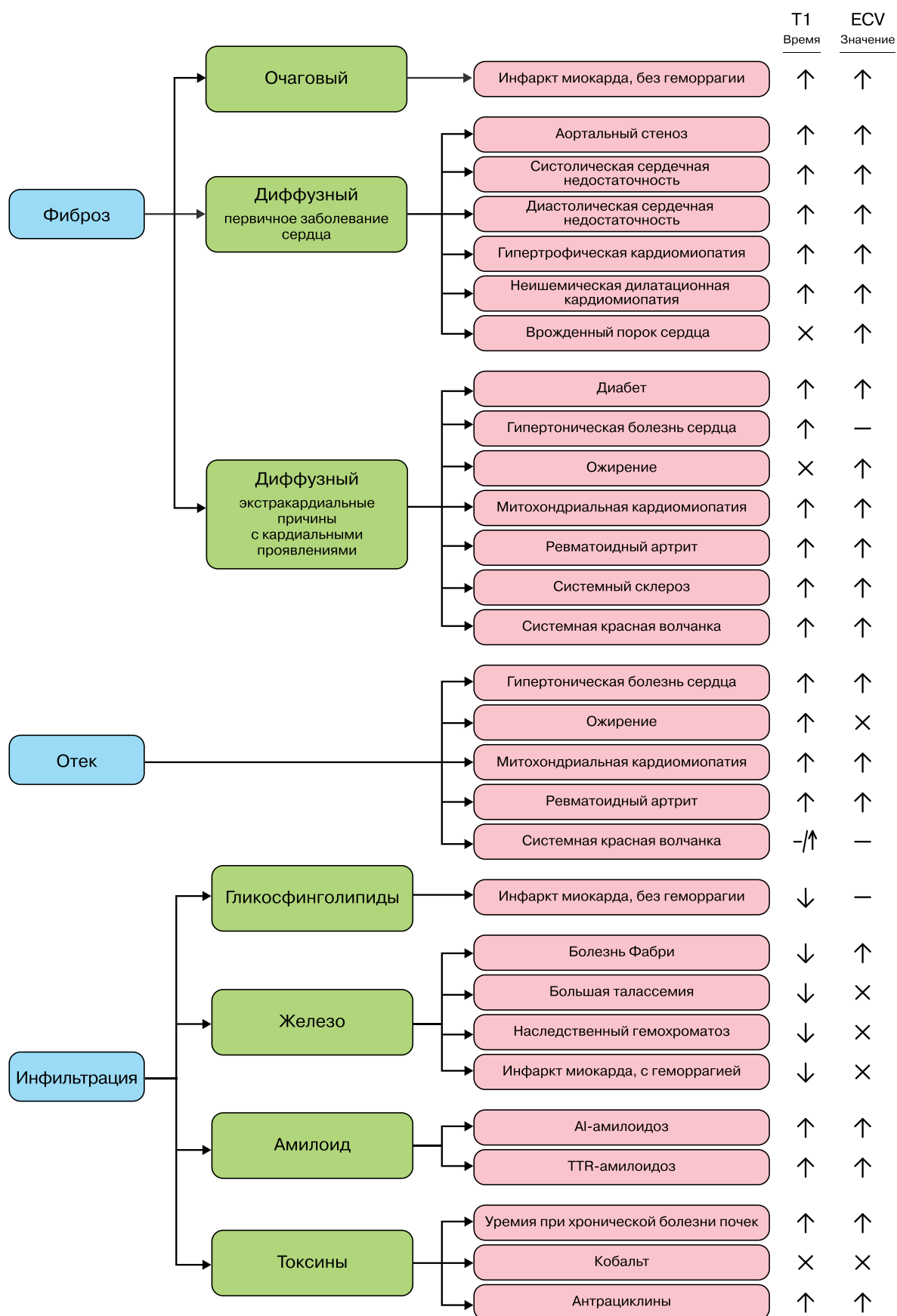


Рис. 1. Структурные изменения заболеваний миокарда, выявленных с помощью T1-картирования [3]

Таблица 3

Диапазоны значений фракции внеклеточного объема (ECV) при различных нозологиях миокарда

Нозология	Фракция внеклеточного объема ECV (%) [Тл; n]	Ссылки
Острый инфаркт миокарда	$\uparrow 56,0 \pm 1,4$ [1,5 Тл; 39]	A. Kidambi et al. [36]
Стеноз аортального клапана	$\leftrightarrow 24,3 \pm 1,9$ [3,0 Тл; 50] $\uparrow 28,3 \pm 1,7$ [3,0 Тл; 20]	A. Singh et al. [48] C. W. Chin et al. [43]
Гипертрофическая кардиомиопатия	$\uparrow 37,1 \pm 10,1$ [3,0 Тл; 50]	P. P. Swoboda et al. [49]
Дилатационная кардиомиопатия	$\uparrow 27,0 \pm 4,0$ [1,5 Тл; 29]	F. aus dem Siepen et al. [9]
Систолическая сердечная недостаточность	$\uparrow 31,2, 29,0-34,1$ [3,0 Тл; 40]	M. Y. Su et al. [50]
Сердечная недостаточность с сохраненной фракцией выброса	$\uparrow 28,9, 27,8-31,3$ [3,0 Тл; 62]	M. Y. Su et al. [50]
Спортивная адаптация	$\downarrow 22,5 \pm 2,6$ [1,5 Тл; 30]	A. K. McDiarmid et al. [51]
Болезнь Фабри	$\leftrightarrow 21,7 \pm 2,4$ [1,5 Тл; 31]	R. B. Thompson et al. [52]
Перенасыщение железом	$\leftrightarrow 21,7 \pm 2,4$ [1,5 Тл; 31]	K. Hanneman et al. [53]
AL-амилоидоз	$\uparrow 54,0 \pm 7,0$ [1,5 Тл; 92]	M. Fontana et al. [54]
TTR-амилоидоз	$\uparrow 54,0 \pm 7,0$ [1,5 Тл; 92]	M. Fontana et al. [55]
Острый миокардит	$\uparrow 30, 27-32\%$ [1,5 Тл; 48]	S. Bohnen et al. [56]

Примечание. $\uparrow$ – увеличение, $\downarrow$ – снижение, $\leftrightarrow$ – среднестатистическое значение. Диапазоны ECV для каждого заболевания были получены как минимум из одной репрезентативной работы в опубликованной литературе (существуют и другие соответствующие работы).

у профессиональных спортсменов в течение тренировочного процесса и при реабилитационных мероприятиях.

Общие схемы сбора данных MOLLI. 3(3)3(3)5 – применение трех инвертирующих импульсов, получение $3 + 3 + 5 = 11$ изображений и длящиеся $3 + 3 + 3 + 3 + 5 = 17$ сердечных сокращений [30]. Схемы сбора данных 5(3)3 и 4(1)3(1)2 – обе включают по 11 сердечных сокращений ($5 + 3 + 3$ и $4 + 1 + 3 + 1 + 2$ соответственно) и предназначены для сокращения времени задержки дыхания

при выполнении измерений до и после контрастирования [9]. Согласно схеме shMOLLI 5(1)1(1)1 [31], общее количество сердечных сокращений составляет $9 (5 + 1 + 1 + 1 + 1)$. Примечательно, что существуют также зависящие от частоты пульса варианты схем сбора данных 5(3)3 и 4(1)3(1)2 [32]. Как правило, дополнительные s в любом из интервалов схемы сбора данных означают, что соответствующий интервал длится не менее указанного количества секунд вместо сердечных сокращений [9, 10, 12, 13, 17, 19, 20, 21, 23, 24, 26, 28, 29, 33, 34].

Список сокращений:

ГКМП – гипертрофическая кардиомиопатия

MPT – магнитно-резонансная томография

ECV – Extracellular Volume / внеклеточный объем

MOLLI – Modified Look-Locker Inversion Recovery / модифицированный метод Look-Locker с инверсией восстановления

SASHA – Saturation Recovery Single SHot Acquisitio / восстановление насыщения с помощью одного снимка

ShMOLLI – Short Modified Look-Locker Inversion Recovery / укороченный модифицированный метод Look-Locker с инверсией восстановления

ЛИТЕРАТУРА

1. Томография сердца / С. К. Терновой, М. Б. Белькинд, Т. Н. Веселова [и др.]. – Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2018. – 296 с.
2. Фиброз миокарда – новый компонент ремоделирования сердца у спортсменов? / А. С. Шарыкин, В. А. Бад-тиева, И. И. Трунина [и др.] // Кардиоваскулярная терапия и профилактика. – 2019. – Т. 18, № 6. – С. 126–135.
3. T1 mapping in cardiac MRI / D. Radenkovic, S. Weingärtner, L. Ricketts [et al.] // Heart Fail. Rev. – 2017. – Vol. 22 (4). – P. 415–430.
4. Identification and assessment of Anderson-Fabry disease by cardiovascular magnetic resonance noncontrast myocardial T1 mapping / D. M. Sado, S. K. White, S. K. Piechnik [et al.] // Circ.: Cardiovasc. Im. – 2013. – Vol. 6 (3). – P. 392–398.
5. Higgins D. M., Moon J. C. Review of T1 mapping methods: comparative effectiveness including reproducibility issues // Circ.: Cardiovasc. Im. – 2014. – Vol. 7 (3). – P. 1–10.
6. Assessment of myocardial changes in athletes with native T1 mapping and cardiac functional evaluation using 3 T MRI / C. A. Görmeli, G. Görmeli, J. Yağmur [et al.] // Int. J. Cardiovasc. Im. – 2016. – Vol. 32 (6). – P. 975–981.
7. Cardiac magnetic resonance T1 mapping. Part 1: Aspects of acquisition and evaluation / G. Reiter, C. Reiter, C. Kräuter [et al.] // Eur. J. Radiol. – 2018. – Vol. 109. – P. 223–234.
8. Reference values for healthy human myocardium using a T1 mapping methodology: results from the International T1 multicenter cardiovascular magnetic resonance study / D. Dabir, N. Child, A. Kalra [et al.] // J. Cardiovasc. Magn. Res. – 2014. – Vol. 16 (1). – P. 1–12.
9. T1 mapping in dilated cardiomyopathy with cardiac magnetic resonance: quantification of diffuse myocardial fibrosis and comparison with endomyocardial biopsy / F. aus dem Siepen, S. J. Buss, D. Messroghli [et al.] // Eur. Heart J. – Cardiovasc. Im. – 2015. – Vol. 16 (2). – P. 210–216.
10. Prognostic significance of infarct core pathology revealed by quantitative non-contrast in comparison with contrast cardiac magnetic resonance imaging in reperfused ST-elevation myocardial infarction survivors / D. Carrick, C. Haig, S. Rauhalampi [et al.] // Eur. Heart J. – 2016. – Vol. 37 (13). – P. 1044–1059.
11. Native myocardial longitudinal (T1) relaxation time: regional, age, and sex associations in the healthy adult heart / S. M. Rauhalampi, K. Mangion, P. H. Barrientos [et al.] // J. Magn. Res. Im. – 2016. – Vol. 44 (3). – P. 541–548.
12. Incremental value of quantitative CMR including parametric mapping for the diagnosis of acute myocarditis / J. A. Luetkens, R. Homs, A. M. Sprinkart [et al.] // Eur. Heart J. – Cardiovasc. Im. – 2016. – Vol. 17 (2). – P. 154–161.
13. Can native T1 mapping differentiate between healthy and diffuse diseased myocardium in clinical routine cardiac MR imaging? / J. Goebel, I. Seifert, F. Nensa [et al.] // PLoS One. – 2016. – Vol. 11 (5). – e0155591.
14. Gender differences in native myocardial T1 in a healthy Chinese volunteer cohort / H. Bulluck, J. A. Bryant, J. Z. Tan [et al.] // Cardiovasc. Im. Asia. – 2017. – Vol. 1 (2). – P. 110–115.
15. Blood correction reduces variability and gender differences in native myocardial T1 values at 1.5 T cardiovascular magnetic resonance – a derivation/validation approach / J. Nickander, M. Lundin, G. Abdula [et al.] // J. Cardiovasc. Magn. Res. – 2017. – Vol. 19 (1). – P. 1–11.
16. Myocardial native T1 and extracellular volume with healthy ageing and gender / S. Rosmini, H. Bulluck, G. Captur [et al.] // Eur. Heart J. – Cardiovasc. Im. – 2018. – Vol. 19 (6). – P. 615–621.
17. Comparison of T1 mapping techniques for ECV quantification. Histological validation and reproducibility of ShMOLLI versus multibreath-hold T1 quantification equilibrium contrast CMR / M. Fontana, S. K. White, S. M. Banypersad [et al.] // J. Cardiovasc. Magn. Res. – 2012. – Vol. 14 (1). – P. 1–6.
18. Normal variation of magnetic resonance T1 relaxation times in the human population at 1.5 T using ShMOLLI / S. K. Piechnik, V. M. Ferreira, A. J. Lewandowski [et al.] // J. Cardiovasc. Magn. Res. – 2013. – Vol. 15 (1). – P. 1–11.
19. Myocardial tissue characterization by magnetic resonance imaging: novel applications of T1 and T2 mapping / V. M. Ferreira, S. K. Piechnik, M. D. Robson [et al.] // J. Thor. Im. – 2014. – Vol. 29 (3). – P. 147–154.
20. Native T1 mapping in trans-thyretin amyloidosis / M. Fontana, S. M. Banypersad, T. A. Treibel [et al.] // JACC: Cardiovasc. Im. – 2014. – Vol. 7 (2). – P. 157–165.
21. Reproducibility of native myocardial T1 mapping in the assessment of Fabry disease and its role in early detection of cardiac involvement by cardiovascular magnetic resonance / S. Pica, D. M. Sado, V. Maestrini [et al.] // J. Cardiovasc. Magn. Res. – 2014. – Vol. 16 (1). – P. 1–9.
22. T1 mapping and survival in systemic light-chain amyloidosis / S. M. Banypersad, M. Fontana, V. Maestrini [et al.] // Eur. Heart J. – 2015. – Vol. 36 (4). – P. 244–251.
23. Noncontrast myocardial T1 mapping using cardiovascular magnetic resonance for iron overload / D. M. Sado, V. Maestrini, S. K. Piechnik [et al.] // J. Magn. Res. Im. – 2015. – Vol. 41 (6). – P. 1505–1511.
24. Extracellular volume quantification in isolated hypertension – changes at the detectable limits / T. A. Treibel, F. Zemrak, D. M. Sado [et al.] // J. Cardiovasc. Magn. Res. – 2015. – Vol. 17 (1). – P. 1–11.

25. Myocardial T1 and T2 mapping at 3 T: reference values, influencing factors and implications / F. von Knobelsdorff-Brenkenhoff, M. Prothmann, M. A. Dieringer [et al.] // J. Cardiovasc. Magn. Res. – 2013. – Vol. 15 (1). – P. 1–11.
26. Reference values of myocardial structure, function, and tissue composition by cardiac magnetic resonance in healthy African-Americans at 3 T and their relations to serologic and cardiovascular risk factors / C. Y. Liu, D. A. Bluemke, G. Gerstenblith [et al.] // Am. J. Cardiol. – 2014. – Vol. 114 (5). – P. 789–795.
27. Age and sex corrected normal reference values of T1, T2, T2* and ECV in healthy subjects at 3 T CMR / C. Roy, A. Slimani, C. de Meester [et al.] // J. Cardiovasc. Magn. Res. – 2017. – Vol. 19 (1). – P. 1–12.
28. Age and gender impact the measurement of myocardial interstitial fibrosis in a healthy adult Chinese population: a cardiac magnetic resonance study / Y. Dong, D. Yang, W. Chen [et al.] // Front. In Phys. – 2018. – Vol. 9. – P. 140.
29. SASHA versus ShMOLLI: a comparison of T1 mapping methods in health and dilated cardiomyopathy at 3 T. / B. T. Costello, F. Springer, J. L. Hare [et al.] // Int. J. Cardiovasc. Im. – 2017. – Vol. 33 (10). – P. 1551–1560.
30. Cardiac T1 mapping and extracellular volume (ECV) in clinical practice: a comprehensive review / P. Haaf, P. Garg, D. R. Messroghli [et al.] // J. Cardiovasc. Magn. Res. – 2016. – Vol. 18. – P. 89–101.
31. Shortened Modified Look-Locker Inversion recovery (ShMOLLI) for clinical myocardial T1-mapping at 1.5 and 3 T within a 9 heartbeat breathhold / S. K. Piechnik, V. M. Ferreira, E. Dall'Armellina [et al.] // J. Cardiovasc. Magn. Res. – 2010. – Vol. 12 (1). – P. 1–11.
32. Kellman P., Hansen M. S. T1 mapping in the heart: accuracy and precision // J. Cardiovasc. Magn. Res. – 2014. – Vol. 16 (1). – P. 1–20.
33. T1 mapping in survival in systemic light-chain amyloidosis / S. M. Banypersad, M. Fontana, V. Maestrini [et al.] // Eur. Heart J. – 2015. – Vol. 36 (4). – P. 244–251.
34. Jellis C. L., Kwon D. H. Myocardial T1 mapping: modalities and clinical applications // Cardiovasc. Diagn. Therapy. – 2014. – Vol. 4 (2). – P. 126–137.
35. Comprehensive cardiac magnetic resonance imaging in patients with suspected myocarditis: the MyoRacer-Trial / P. Lurz, C. Luecke, I. Eitel [et al.] // J. Am. College Cardiol. – 2016. – Vol. 67 (15). – P. 1800–1811.
36. Myocardial extracellular volume estimation by CMR predicts functional recovery following acute MI / A. Kidambi, M. Motwani, A. Uddin [et al.] // JACC: Cardiovasc. Im. – 2017. – Vol. 10 (9). – P. 989–999.
37. Myocardial edema as detected by pre-contrast T1 and T2 CMR delineates area at risk associated with acute myocardial infarction / M. Ugander, P. S. Bagi, A. J. Oki [et al.] // JACC: Cardiovasc. Im. – 2012. – Vol. 5 (6). – P. 596–603.
38. Cardiac iron determines cardiac T2*, T2, and T1 in the gerbil model of iron cardiomyopathy / J. C. Wood, M. Otto-Duessel, M. Aguilar [et al.] // Circulation. – 2005. – Vol. 112 (4). – P. 535–543.
39. Cardiovascular function and treatment in β -thalassemia major: a consensus statement from the American Heart Association / D. J. Pennell, J. E. Udelson, A. E. Arai [et al.] // Circulation. – 2013. – Vol. 128 (3). – P. 281–308.
40. Role of T1 mapping as a complementary tool to T2* for non-invasive cardiac iron overload assessment / C. Torlasco, E. Cassinero, A. Roghi [et al.] // PLoS One. – 2018. – Vol. 13 (2). – e0192890.
41. Kamal M. U., Riaz I. B., Janardhanan R. Cardiovascular magnetic resonance imaging in hypertrophic cardiomyopathy: Current state of the art // Cardiol. J. – 2016. – Vol. 23 (3). – P. 250–263.
42. Assessing myocardial extracellular volume by T1 mapping to distinguish hypertrophic cardiomyopathy from athlete's heart / P. P. Swoboda, A. K. McDiarmid, B. Erhayiem [et al.] // J. Am. College Cardiol. – 2016. – Vol. 67 (18). – P. 2189–2190.
43. Optimization and comparison of myocardial T1 techniques at 3 T in patients with aortic stenosis / C. W. Chin, S. Semple, T. Malley [et al.] // Eur. Heart J. – Cardiovasc. Im. – 2014. – Vol. 15 (5). – P. 556–565.
44. Myocardial fibrosis and cardiac decompensation in aortic stenosis / C. W. L. Chin, R. J. Everett, J. Kwiecinski [et al.] // JACC: Cardiovasc. Im. – 2017. – Vol. 10 (11). – P. 1320–1333.
45. T1 mapping in severe aortic stenosis: insights into LV remodeling / T. A. Treibel, M. Fontana, P. Reant [et al.] // J. Cardiovasc. Magn. Res. – 2015. – Vol. 17 (1). – P. 1–2.
46. Automated extracellular volume fraction mapping provides insights into the pathophysiology of left ventricular remodeling post-reperfusion ST-elevation myocardial infarction / H. Bulluck, S. Rosmini, A. Abdel-Gadir [et al.] // J. Am. Heart Ass. – 2016. – Vol. 5 (7). – e003555.
47. Native T1 in discrimination of acute and convalescent stages in patients with clinical diagnosis of myocarditis: a proposed diagnostic algorithm using CMR / R. Hinojar, L. Foote, E. Arroyo Ucar [et al.] // JACC: Cardiovasc. Im. – 2015. – Vol. 8 (1). – P. 37–46.
48. Myocardial T1 and extracellular volume fraction measurement in asymptomatic patients with aortic stenosis: reproducibility and comparison with age-matched controls / A. Singh, M. A. Horsfield, S. Bekele [et al.] // Eur. Heart J. – Cardiovasc. Im. – 2015. – Vol. 16 (7). – P. 763–770.
49. Effect of cellular and extracellular pathology assessed by T1 mapping on regional contractile function in hypertrophic cardiomyopathy / P. P. Swoboda, A. K. McDiarmid, B. Erhayiem [et al.] // J. Cardiovasc. Magn. Res. – 2017. – Vol. 19 (1). – P. 1–10.

50. CMR-verified diffuse myocardial fibrosis is associated with diastolic dysfunction in HFpEF / M. Y. Su, L. Y. Lin, Y. H. Tseng [et al.] // JACC: Cardiovasc. Im. – 2014. – Vol. 7 (10). – P. 991–997.
51. Athletic cardiac adaptation in males is a consequence of elevated myocyte mass / A. K. McDiarmid, P. P. Swoboda, B. Erhayiem [et al.] // Circ.: Cardiovasc. Im. – 2016. – Vol. 9 (4). – e003579.
52. T1 mapping with cardiovascular MRI is highly sensitive for Fabry disease independent of hypertrophy and sex / R. B. Thompson, K. Chow, A. Khan [et al.] // Circ.: Cardiovasc. Im. – 2013. – Vol. 6 (5). – P. 637–645.
53. Quantification of myocardial extracellular volume fraction with cardiac MR imaging in thalassemia major / K. Hanneman, E. T. Nguyen, P. Thavendiranathan [et al.] // Radiology. – 2016. – Vol. 279 (3). – P. 720–730.
54. Cardiovascular magnetic resonance for amyloidosis / M. Fontana, R. Chung, P. N. Hawkins [et al.] // Heart Fail. Rev. – 2015. – Vol. 20 (2). – P. 133–144.
55. Differential myocyte responses in patients with cardiac transthyretin amyloidosis and light-chain amyloidosis: a cardiac MR imaging study / M. Fontana, S. M. Banypersad, T. A. Treibel [et al.] // Radiology. – 2015. – Vol. 277 (2). – P. 388–397.
56. Tissue characterization by T1 and T2 mapping cardiovascular magnetic resonance imaging to monitor myocardial inflammation in healing myocarditis / S. Bohnen, U. K. Radunski, G. K. Lund [et al.] // Eur. Heart J. – Cardiovasc. Im. – 2017. – Vol. 18 (7). – P. 744–751.
57. Comparison of original and 2018 Lake Louise Criteria for diagnosis of acute myocarditis: Results of a validation cohort / J. A. Luetkens, A. Faron, A. J. Isaak [et al.] // Radiol. Cardiothorac. Im. – 2019. – Vol. 1 (3). – e190010.
58. Native T1 mapping for the diagnosis of cardiac amyloidosis in patients with left ventricular hypertrophy / D. Lavall, N. H. Vossage, R. Geßner [et al.] // Clin. Res. Cardiol. – 2023. – Vol. 112 (3). – P. 334–342.

ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ЛЕЧЕНИИ КАРДИОВАСКУЛЯРНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ. НАСТОЯЩЕЕ И БУДУЩЕЕ

^{1,2}А. В. Светликов, ^{2,6}В. А. Ратников, ^{1,2,3}В. С. Гуревич, ²П. П. Яблонский, ⁴О. О. Художникова, ⁵А. Л. Кулакова

¹ФГБУ «Северо-Западный окружной научно-клинический центр имени Л. Г. Соколова» ФМБА России

²ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет»

³ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет имени И. И. Мечникова» Минздрава России

⁴Университет Валенсии

⁵ФГБОУ ВО «Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет имени академика И. П. Павлова» Минздрава России

⁶ФГБУ «Федеральный научно-клинический центр инфекционных болезней ФМБА России»

^{1,2}A. V. Svetlikov, ^{2,6}V. A. Ratnikov, ^{1,2,3}V. S. Gurevich, ²P. P. Yablonskii, ⁴O. O. Khudozhnikova, ⁵A. L. Kulakova

POSSIBILITIES OF USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN THE TREATMENT OF CARDIOVASCULAR DISEASES. PRESENT AND FUTURE

¹North-West District Research Clinical Center named after L. G. Sokolov of the Federal Medical-Biological Agency

²Saint Petersburg State University

³North-West State Medical University named after I. I. Mechnikov of the Ministry of Health of Russia

⁴University of Valencia

⁵First Saint Petersburg State Medical University named after Academician I. P. Pavlov of the Ministry of Health of Russia

⁶Federal Scientific and Clinical Center for Infectious Diseases of the Federal Medical-Biological Agency

РЕФЕРАТ. Самые значительные изменения в системе здравоохранения связаны с внедрением искусственного интеллекта. Его роль невозможно переоценить: она заключается в возможности прогнозирования и решения сложнейших задач посредством анализа больших объемов данных и выявления в них закономерностей. Искусственный интеллект изменит наши привычные представления о медицине, системе здравоохранения, диагностике, поиске лекарств и протоколах лечения, процедурах и коммуникации с пациентами. В статье обсуждается ряд этических вопросов, которые неизбежно встают при использовании искусственного интеллекта. К ним относятся справедливость и беспристрастность, прозрачность, доверие, ответственность. Более детально раскрывается роль искусственного интеллекта в медицине, в частности, в лечении сердечно-сосудистых заболеваний. Области, где используются и активно развиваются технологии искусственного интеллекта, включают принятие решения показаний к операции на сонных артериях, особенно у асимптомных пациентов, оценка индивидуальных сердечно-сосудистых рисков в раннем, среднесрочном и отдаленном периоде наблюдения, а также выбор метода и прогнозирования непосредственных и отдаленных результатов операций на артериях конечностей. Искусственный интеллект используется в интерпретации данных диагностики, стратификации риска, принятии решения и прогноза различных сердечно-сосудистых заболеваний. На основании этой оценки может разрабатываться план лечения, который включает снижение риска, купирование симптомов, прогрессирование заболевания, профилактику и оптимизацию лекарств. Таким образом, применение технологий искусственного интеллекта даст возможность существенно сократить время и качество принятия решений в медицине. Однако нельзя забывать об опасностях и трудностях, которые могут сопровождать использование искусственного интеллекта, что обязывает медицинское сообщество постоянно держать под контролем все новые появляющиеся технологии.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: искусственный интеллект, медицина, здравоохранение, сердечно-сосудистые заболевания, радиомика.

SUMMARY. The most significant changes in the healthcare system are associated with the introduction of artificial intelligence. Its role cannot be overestimated: it lies in the ability to predict and solve complex problems by analyzing large amounts of data and identifying patterns in them. Artificial intelligence will change our usual ideas about medicine, the healthcare system, diagnostics, drug discovery and treatment protocols, procedures and communication with patients. The article discusses a number of ethical issues that inevitably arise when using artificial intelligence. These include fairness and impartiality, transparency, trust, responsibility. The role of artificial intelligence in medicine, in particular in the treatment of cardiovascular diseases, is disclosed in more detail. Areas where artificial intelligence technologies are used and actively developed include deciding on indications for surgery on the carotid arteries, especially in asymptomatic patients, assessing individual cardiovascular risks in the early, medium and long-term observation periods, as well as choosing a method and predicting immediate and long-term results of operations on the arteries of the extremities. Artificial intelligence is used in the interpretation of diagnostic data, risk stratification, decision-making and prognosis of various cardiovascular diseases. Based on this assessment, a treatment plan can be developed that includes risk reduction, symptom relief, disease progression, prevention and drug optimization. Thus, the use of artificial intelligence technologies will make it possible to significantly reduce the time and quality of decision-making in medicine. However, one must not forget about the dangers and difficulties that may accompany the use of artificial intelligence, which obliges the medical community to constantly monitor all new emerging technologies.

KEYWORDS: artificial intelligence, medicine, healthcare, cardiovascular diseases, radiomics.

Введение

Почти каждый пятый (18%) руководитель сферы здравоохранения ожидает, что искусственный интеллект (ИИ) заменит минимум 5% рабочей силы в 2025 году. В мире такие ожидания разделяют 25% руководителей, а на рынках СМИ и развлечений – 32% (это самый высокий показатель), сообщает Becker's Hospital Review со ссылкой на исследования PricewaterhouseCoopers. Вместе с тем потребность в рабочих руках будет увеличиваться, по прогнозам участников опроса. Таким образом, растущие показатели найма сотрудников могут компенсировать сокращения, связанные с внедрением ИИ. Исследование показало, что почти половина руководителей компаний в сфере здравоохранения планируют увеличить численность персонала на 5% и более в ближайшие 12 месяцев. Почти семь из десяти респондентов также прогнозируют, что ИИ усилит конкуренцию, приведет к изменениям в их бизнес-моделях и потребует новых навыков от сотрудников в течение следующих трех лет. В ходе исследования были опрошены 4702 генеральных директора по всему миру. ИИ облегчит жизнь каждому, заявил в недавнем интервью CNN Билл Гейтс. В частности, он указал на помощь врачам в оформлении медицинских документов, истории болезни и т. д. При этом Международный валютный фонд предсказал, что ИИ повлияет почти на 40% рабочих мест по всему миру, «заменив одни и дополнив другие».

Итак, мир современной медицины стремительно меняется каждый день, бросая все новые вызовы ученым, практикующим врачам и даже пациентам. Но, безусловно, самые значительные изменения связаны с внедрением в данную область ИИ. Его роль невозможно переоценить: она заключается в возможности прогнозирования и решения сложнейших задач посредством анализа больших объемов данных и выявления в них закономерностей. Уже сегодня очевидно, что ИИ изменит наши привычные представления о медицине, системе здравоохранения, диагностике, поиске лекарств и протоколах лечения, процедурах и коммуникации с пациентами.

Несколько важных этапов в развитии ИИ, о которых нельзя не забывать, так как это череда открытий, позволяет нам проследить эволюцию в этой области, прогнозировать дальнейшие изменения и прогресс в изучении и использовании ИИ.

В 1936 году вышла статья Алана Тьюринга о мощных автоматизированных интеллектуальных системах, универсальной вычислительной машине. В 1943 году Уоррен Мак-Калок и Уолтер Питтс представили понятие искусственной нейронной сети. 1955 год ознаменовался появлением термина «Искусственный интеллект», который был введен в обиход Джоном Маккарти. Уже в 1959 году был описан принцип машинного обучения.

Применение ИИ в медицине и его важность

Сегодня в медицине ИИ является одной из самых важнейших областей исследования. Журнал «Искусственный интеллект в медицине» определяет эту область как научную дисциплину, проникающую в исследования, проекты и приложения, цель которых состоит в поддержании и реализации медицинских задач, в частности, когда речь идет о работе с большим массивом данных и сложными диагнозами.

Итак, применение ИИ в медицине – это направление, вызывающее огромный интерес как у экспертов, так и у простых обывателей. Хотя это нельзя назвать просто интересом – это ожидания, сомнения, жаростные дебаты, поднимающие вопросы гуманизма, равенства, эмоционального интеллекта и самого существования.

Этические, социальные и законодательные вызовы для ИИ в медицине

Ни у кого не вызывает сомнения сама потребность в применении ИИ в медицине. Однако это ставит перед нами ряд этических вопросов:

1) справедливость и беспристрастность. Отчеты о состоянии здоровья, диагностике, ходе лечения не всегда являются достаточно репрезентативными данными для обучения ИИ и последующей работы с ним. Более того, на сегодняшний день ученые наблюдают и двойственность в решениях ИИ, и неверное трактование некоторых данных, что в практике без контроля специалиста может приводить к губительным последствиям;

2) прозрачность. Очень важно достичь ясности и прозрачности принимаемых решений ИИ, особенно в части лечения пациентов;

3) доверие. В дополнение к предыдущим пунктам важно отметить и тот факт, что на сегодняшний день по-прежнему остро стоит вопрос защиты приложений, применяемых в медицине от внешнего вмешательства. То, что данные, полученные ИИ, могут быть искажены или анализ намеренно направляют по ложному пути, пока приводит к тому, что врачи не должны в полной степени доверять лечению пациентов ИИ, даже, казалось бы, в несложных случаях;

4) ответственность. Важно понимать, что для внедрения ИИ нужна слаженная работа специалистов из разных областей: практикующих врачей, ученых, разработчиков программного обеспечения, государственных чиновников, системы здравоохранения. Применение ИИ в медицине важно не только для повышения клинического, но и административного потенциала. С точки зрения законодательства очевидно, что все действия ИИ, особенно в части принятия решений, должны быть отрегулированы, но при этом принятые законы и нормативно-правовые акты не должны сдерживать развитие технологий и инноваций

в этой области. Особую проверку должны проходить продукты, предложенные ИИ. Большое внимание должно уделяться безопасности хранения данных, с которыми работает ИИ;

5) необходимо иметь также в виду, что люди обладают тем, чего лишены другие виды, а именно, ментальными репрезентациями окружающей среды – репрезентациями, которыми возможно манипулировать по желанию, дабы воображать различные альтернативные и гипотетические среды в целях планирования и обучения.

Перспективы исследования ИИ в медицине

Первым большим направлением изучения применения ИИ в медицине может стать то, что врачи получают больше времени взаимодействия со своими пациентами. Эти отношения в последние десятилетия были подвержены разрушительным процессам. Сегодня именно благодаря ИИ есть шанс их восстановить и даже улучшить. Мы должны помнить, что отношения «врач – пациент» – это ключевой концепт медицины, состоящий из доверия, эмпатии и общения. Вне всякого сомнения, ИИ здесь никогда не заменит человека – живого врача, но он может способствовать эффективности этой коммуникации и ее укреплению.

Значительные изменения коснутся и научной деятельности в области медицины. Сегодня нам уже не нужно тратить недели, месяцы и годы в библиотеке, чтобы обобщить данные большого количества исследований. Получить некоторую картину какой-либо области исследования можно, воспользовавшись современными программами, подобными, например, VOSviewer, которые способны определить ключевые понятия, слова, авторов, страны и университеты, проводящие изыскания в выбранном для анализа направлении.

Значение данной инновации трудно переоценить. В этом случае ИИ выступает в качестве инструмента, позволяющего быстро и своевременно получать, обобщать и систематизировать большой массив данных, что не только ускорит научный прогресс, но и позволит минимизировать ошибки, повысив эффективность решения [1–5].

Все больше в СМИ стали говорить о стрессе, испытываемом врачами, эмоциональной и физической нагрузке, результатом которых стали профессиональное выгорание и массовое увольнение врачей. Этот кризис стал отправной точкой для глобальных исследований в этой области специалистами разных направлений. Данные исследования в конечном итоге приведут и к изменениям в учебных программах медицинских образовательных учреждений.

Роль ИИ в лечении сердечно-сосудистых заболеваний

Выбор приложений, ориентированных на клиническую практику, широк. Они направлены на улуч-

шение выявления / диагностики сосудистых заболеваний, прогностической оценки / оценки риска и предоперационного планирования, чтобы лучше направлять процесс принятия клинических решений и совершенствовать персонализированную и точную медицину. Помимо разработки прямых приложений, строго ориентированных на диагностику, прогноз или лечение пациентов, ИИ предлагает новые методы обучения и подготовки сосудистых специалистов. В области медицинских исследований машинное обучение (МО) открывает перспективы для выявления сложных связей и может помочь лучше понять и разгадать молекулярные механизмы, лежащие в основе сосудистых заболеваний. Например, недавнее использование МО для анализа данных генома при аневризме аорты привело к большим достижениям в понимании генетических путей. Наконец, в нескольких отчетах предлагается использовать технологию ИИ для облегчения планирования клинических исследований или улучшения поиска литературы. Хотя области применения ИИ при сосудистых заболеваниях очень широки, основными задачами в ближайшие годы станет клиническая проверка разработанных приложений. Исследования, проведенные до сих пор, были основаны на ретроспективных когортах, и лишь очень немногие из них подтвердили свои результаты с помощью проспективных исследований.

То, как инструменты ИИ будут использоваться и внедряться в клиническую практику, требует тщательной оценки со стороны сосудистых специалистов. Вместо того, чтобы противопоставлять машины людям, методы ИИ следует рассматривать как дополнительные, которые могут помочь врачам в их практике, не заменяя их опыта, ответственности и роли в уходе за пациентами.

С учетом сложности и проблем, связанных с внедрением моделей ИИ в клиническую практику, усилия должны быть направлены на разработку руководств и рекомендаций для оценки эффективности, безопасности и клинического воздействия.

Недавно были предложены конкретные стандарты для оценки точности и качества инструментов ИИ. Несколько расширений ИИ были добавлены к существующим руководствам, чтобы помочь исследователям разрабатывать и оценивать результаты исследований ИИ [5–10].

Рекомендации по оценке технологий ИИ в настоящее время разрабатываются международными междисциплинарными группами экспертов, и это должно побудить сосудистых специалистов принять участие и поделиться своим опытом, чтобы помочь в разработке рекомендаций по своей специальности.

На наш взгляд, имеются наиболее важные области применения ИИ в сосудистой хирургии. К ним относятся:

1) принятие решения показаний к операции на сонных артериях, особенно у асимптомных пациентов. В этом случае возможно извлечение, анализ и интерпретация изображений с помощью разработки сложных алгоритмов, дающих прогноз. Эта технология получила название «радиомика»;

2) оценка индивидуальных сердечно-сосудистых рисков в раннем, среднесрочном и отдаленном периодах наблюдения;

3) выбор метода и прогнозирование непосредственных и отдаленных результатов операций на артериях конечностей;

4) прогнозирование риска разрыва аневризм брюшной аорты (АБА), подготовка к его эндоваскулярному лечению путем расчета размеров АБА и подбора стент-графтов;

5) на основе ИИ и МО анализ с помощью технологии радиомики является современной тенденцией в прецизионной медицине. Медицинские изображения на основе глубокого обучения (DL) и МО могут быть использованы для построения моделей риска, диагностики подтипов молекулярных заболеваний, прогнозирования ответа на лечение и предполагаемой продолжительности жизни;

6) обучение студентов и клинических ординаторов новым хирургическим технологиям, методам обследования и лечения;

7) развитие профессиональных обществ, популяризация здорового образа жизни, профилактики заболеваний сердца и сосудов.

Кроме того, ИИ может быть использован при систематическом подходе в лечении сердечно-сосудистых заболеваний. Этот подход включает в себя:

- измерение жизненно важных показателей;
- генетическое тестирование;

- оценку симптомов;
- физическое обследование и сбор анамнеза для выявления семейной предрасположенности к сердечно-сосудистым заболеваниям;

- интеграцию данных, которая сочетает в себе различные параметры, такие как биомаркеры, клинические аспекты и генетические профили;

- этап интерпретации, который включает в себя диагностику, стратификацию риска, принятие решения и прогноз;

- на основании этой оценки разрабатывается план лечения, который включает в себя снижение риска, купирование симптомов, прогрессирование заболевания, профилактику и оптимизацию лекарств;

- последующее наблюдение, включающее мониторинг симптомов, анализ рисков и изменения образа жизни, а также поддержание соблюдения режима приема лекарств в течение длительного времени.

Выводы

Как мы можем видеть, в последнее столетие исследования в области ИИ совершили революцию во многих областях, в том числе в медицине. Это позволило повысить результативность лечения пациентов, но также породило множество вопросов в разных областях науки и практики. В частности, теперь мы уже с уверенностью можем говорить о создании отдельной дисциплины «ИИ в медицине» (artificial intelligence in medicine), которой предстоит изучать ряд важнейших вопросов и задач, в том числе в лечении сердечно-сосудистых заболеваний.

ЛИТЕРАТУРА

1. Patient specific computer modelling for automated sizing of fenestrated stent grafts / L. Derycke, J. Sénémaud, D. Perrin [et al.] // Eur. J. Vasc. Endovasc. Surg. – 2020. – Vol. 59 (2). – P. 237–246.
2. Artificial intelligence for education of vascular surgeons / F. Lareyre, C. Adam, M. Carrier [et al.] // Eur. J. Vasc. Endovasc. Surg. – 2020. – Vol. 59 (6). – P. 870–871.
3. Deep learning enables genetic analysis of the human thoracic aorta / J. P. Pirruccello, M. D. Chaffin, E. L. Chou [et al.] // Nat. Genet. – 2022. – Vol. 54 (1). – P. 40–51.
4. Decoding the genomics of abdominal aortic aneurysm / J. Li, C. Pan, S. Zhang [et al.] // Cell. – 2018. – Vol. 174 (6). – P. 1361–1372.
5. Artificial intelligence for clinical trial design / S. Harrer, P. Shah, B. Antony [et al.] // Trends Pharmacol. Sci. – 2019. – Vol. 40 (8). – P. 577–591.
6. Scoping review of the current landscape of AI-based applications in clinical trials / F. Cascini, F. Beccia, F. A. Causio [et al.] // Front Public Health. – 2022. – Vol. 10. – P. 949377.
7. Klontzas M. Guidelines for reporting AI research. – URL: https://pubs.rsna.org/page/ai/blog/2022/09/ryai_editorsblog0928
8. Developing specific reporting standards in artificial intelligence centred research / V. Sounderajah, H. Ashrafian, A. Karthikesalingam [et al.] // Ann. Surg. – 2022. – Vol. 275 (3). – P. 547–e548.
9. A quality assessment tool for artificial intelligence-centered diagnostic test accuracy studies: QUADAS-AI / V. Sounderajah, H. Ashrafian, S. Rose [et al.] // Nat. Med. – 2021. – Vol. 27 (10). – P. 1663–1665.
10. Developing a reporting guideline for artificial intelligence-centred diagnostic test accuracy studies: the STARD-AI protocol / V. Sounderajah, H. Ashrafian, R. M. Golub [et al.] // BMJ Open. – 2021. – Vol. 11 (6). – P. 047709.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БИОМЕХАНИЧЕСКОГО МЕТОДА В КЛИНИЧЕСКОЙ ПРАКТИКЕ С ЦЕЛЬЮ ОЦЕНКИ РИСКА РАЗРЫВА АНЕВРИЗМ БРЮШНОЙ АОРТЫ

^{1,2}А. В. Светликов, ^{2,6}В. А. Ратников, ^{1,2,3}В. С. Гуревич, ²П. П. Яблонский, ⁴А. Л. Кулакова, ⁵Г. Г. Хубулава
¹ФГБУ «Северо-Западный окружной научно-клинический центр имени Л. Г. Соколова» ФМБА России
²ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет»
³ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет имени И. И. Мечникова»
Минздрава России
⁴ФГБОУ ВО «Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет
имени академика И. П. Павлова» Минздрава России
⁵ФГБОУ ВО «Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова» Минобороны России
⁶ФГБУ «Федеральный научно-клинический центр инфекционных болезней ФМБА России»

USE OF BIOMECHANICAL METHOD IN CLINICAL PRACTICE TO ASSESS THE RISK OF RUPTURE OF ABDOMINAL AORTIC ANEURYSMS

¹North-West District Research Clinical Center named after L. G. Sokolov of the Federal Medical-Biological Agency
²Saint Petersburg State University
³North-West State Medical University named after I. I. Mechnikov of the Ministry of Health of Russia
⁴First Saint Petersburg State Medical University named after Academician I. P. Pavlov of the Ministry of Health of Russia
⁵Military Medical Academy named after S. M. Kirov of the Ministry of Defense of Russia
⁶Federal Scientific and Clinical Center for Infectious Diseases of the Federal Medical-Biological Agency

РЕФЕРАТ. Патогенез аневризматической трансформации сосудистой стенки обусловлен сложным взаимодействием биохимических и биомеханических событий. Одним из вариантов прогнозирования судьбы аневризмы брюшной аорты является использование индивидуального компьютерного математического моделирования аневризмы с помощью программного обеспечения A4 Clinics (Vascops GmbH, Грац, Австрия), благодаря которому в данной работе устанавливался тип аневризмы, измерялись ее максимальный наружный диаметр, максимальный внутренний диаметр, толщина ВПТ, а затем вычислялся показатель «эквивалентный диаметр аорты», означавший, какому размеру по степени напряжения соответствует диаметр аорты у конкретного пациента с прогностических позиций. У большинства обследованных больных выявлены отличия между диаметром аневризмы брюшной аорты и биомеханическим размером аорты. Проведенный корреляционный анализ выявил наличие прямой связи количества циркулирующих эндотелиальных клеток с такими основными показателями биомеханического метода оценки состояния аневризмы брюшной аорты, как пиковое напряжение в стенке, пиковый риск разрыва стенки, эквивалентный диаметр риска разрыва аневризмы и диаметр аневризмы. В отличие от универсального показателя, диаметра аневризмы брюшной аорты, полученного при выполнении компьютерной томоангиографии, использование биомеханического метода оценки риска разрыва аневризмы брюшной аорты определяет более точный индивидуальный размер аневризмы.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: биомеханический размер аорты, эквивалентный диаметр аорты, прогнозирование роста аневризмы брюшной аорты, индивидуальное компьютерное математическое моделирование аневризмы.

Введение

Разрыв аневризмы брюшной аорты (АБА) происходит, как правило, локально в месте, где оказываемое механическое напряжение на стенку аневризмы превышает ее прочность. Патогенез

SUMMARY. The pathogenesis of aneurysmal transformation of the vascular wall is caused by a complex interaction of biochemical and biomechanical events. One of the options for predicting the fate of aneurysm of abdominal aorta is the use of individual computer mathematical modeling of the aneurysm using the A4 Clinics software (Vascops GmbH, Graz, Austria) used to establish the type of aneurysm, measure its maximum external diameter, maximum internal diameter, thickness of the VPT, and then calculate the "equivalent aortic diameter" indicator, meaning what size in terms of stress corresponds to the aortic diameter in a particular patient from a prognostic standpoint. In most of the examined patients, differences were found between the aneurysm of abdominal aorta diameter and the biomechanical size of the aorta. The conducted correlation analysis revealed the presence of a direct relationship between the number of circulated endothelial cells and such main indicators of the biomechanical method of assessing the state of the aneurysm of abdominal aorta as peak wall stress, peak wall rupture risk, equivalent diameter of the risk of aneurysm rupture and the diameter of the aneurysm. Unlike the universal indicator, the diameter of the abdominal aortic aneurysm obtained by performing computed tomography, the use of a biomechanical method for assessing the risk of rupture of an abdominal aortic aneurysm determines a more accurate individual size of the aneurysm.

KEYWORDS: biomechanical size of the aorta, equivalent diameter of the aorta, prediction of aneurysm of abdominal aorta growth, individual computer mathematical modeling of the aneurysm.

аневризматической трансформации сосудистой стенки обусловлен сложным взаимодействием биохимических и биомеханических событий [1, 2], поэтому для его лучшего понимания необходим мультидисциплинарный метод.

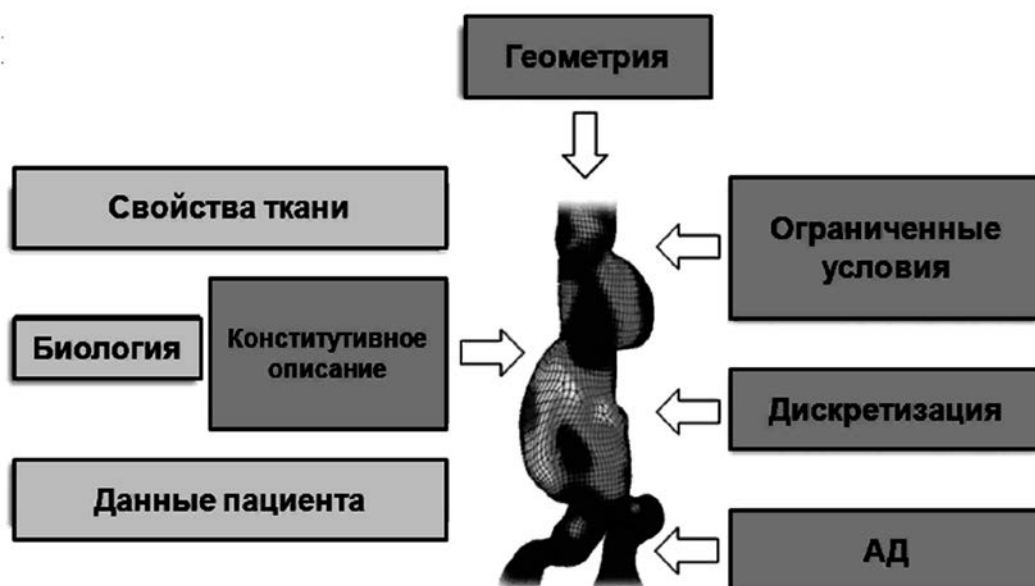


Рис. 1. Модель параметров аневризмы, используемых при оценке риска разрыва с помощью биомеханического метода [3]

Биомеханическая оценка риска разрыва аневризмы основана на моделировании целостной интеграции многих расчетных значений, основанных на известных факторах риска (рис. 1).

Основными выходными параметрами ее являются пиковое напряжение в стенке (ПНС/PWS) и пиковый риск разрыва стенки (ПРПС/PWRR), которые позволяют оценить ключевой, наглядный для клинициста параметр – эквивалентный диаметр риска разрыва аневризмы (ЭДРРА) или биомеханический размер аорты (БРА) [3, 4].

Напряжение аневризматической стенки – это гипотетический параметр локальной нагрузки на стенку. Он прогнозируется с помощью расчета механического ответа (на основании уравнения Лапласа для накачанной тонкостенной

круглой трубы) на воздействие внешних сил (таких как артериальное давление), действующих на сосуд (рис. 2).

Однако геометрия АБА сложна и в большинстве случаев не может быть аппроксимирована с помощью тонкостенного цилиндра, поэтому для прогнозирования локального напряжения стенки требуются вычисления по методу конечных элементов. В настоящее время он получил глубокие теоретические обоснования и применяется для решения весьма широкого круга задач, в частности, для изучения течения жидкости в пористой среде.

Основная концепция метода конечных элементов. При построении дискретной модели непрерывной величины поступают следующим образом:

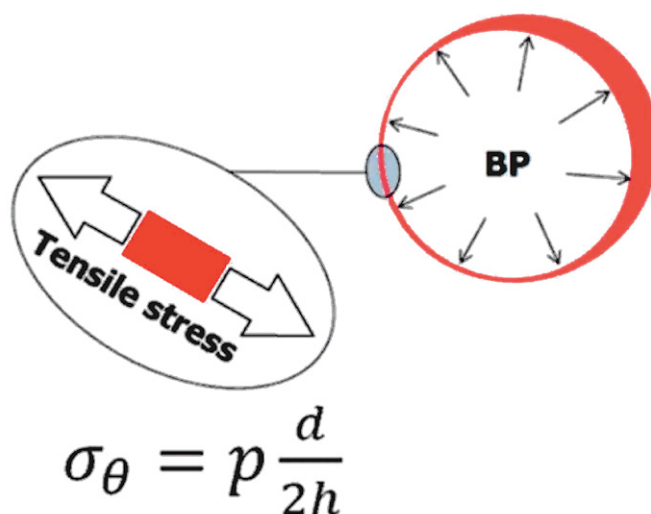


Рис. 2. Уравнение Лапласа. Позволяет рассчитать напряжение (σ_θ) раздутой тонкостенной цилиндрической трубки (давление – p ; диаметр – d ; толщина стенки – h)

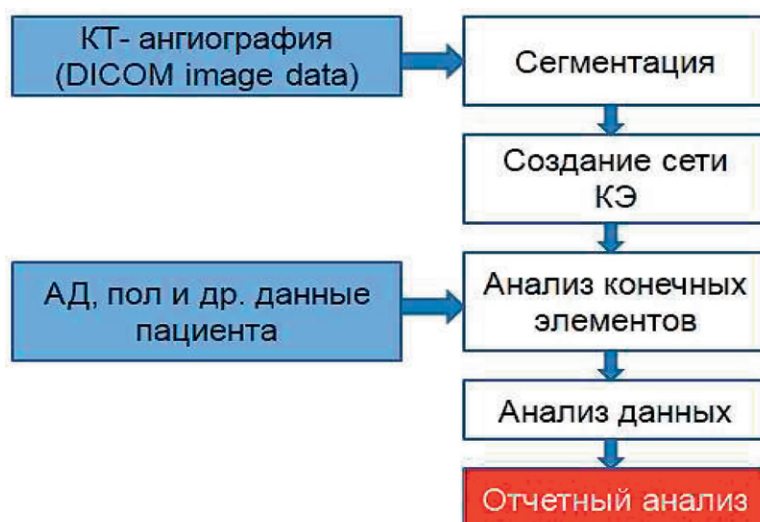


Рис. 3. Схема процесса биомеханической оценки риска разрыва АБА

1) в рассматриваемой области фиксируется конечное число точек, которые называются узловыми (или просто узлами);

2) значение непрерывной величины в каждой узловой точке считается переменной, которая должна быть определена;

3) область определения непрерывной величины разбивается на конечное число подобластей, называемых элементами (или конечными элементами). Эти элементы имеют общие узловые точки и в совокупности приближенно описывают форму области;

4) непрерывная величина аппроксимируется на каждом элементе полиномом (или какой-либо другой функцией), который определяется с помощью узловых значений этой величины. Для каждого элемента устанавливается свой полином, но полиномы подбираются таким образом, чтобы сохранялась непрерывность величины вдоль границ элемента.

Иллюстрация рабочего процесса биомеханической оценки риска разрыва аневризмы на основе метода конечных элементов с использованием программного обеспечения A4 Clinics (Vascops GmbH, Грац, Австрия) [5, 6, 7] представлена на рисунке 3.

На этапе сегментации изображения получают точную трехмерную модель внутренней и наружной поверхностей аневризмы по данным КТ. На этапе создания сетки эта информация используется для построения дискретизированной стенки и интраваскулярного тромба (то есть для разделения их на большое количество (~20 000–60 000) конечных элементов).

Таким образом, чтобы определить локальный риск разрыва в каждой точке, АБА представляется как дискретизированное сосудистое тело, обогащенное конститутивными свойствами ткани. A4 Clinics воспроизводит структурную модель анев-

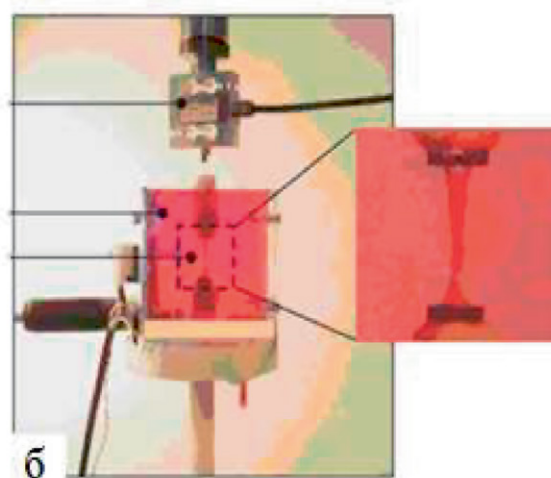


Рис. 4. Определение механических характеристик тканей стенки аорты *in vitro*: а) определение эластических свойств тканей; б) определение прочности стенок

ризмы, которая включает конститутивные модели или узловые точки: эластичность и прочность стенки аневризмы, а также эластичность и силу внутрипросветного тромба (ВПТ) [2, 7]. Эти механические свойства ткани аневризмы аорты и ВПТ относятся к средним показателям популяции и определены экспериментально *in vitro* (рис. 4).

Получение данных БРА осуществляется на основе анализа компьютерной томоангиографии (КТА) брюшной аорты пациента, выполненное в плановом порядке. На этапе анализа конечных элементов пользователь устанавливает индивидуальное систолическое артериальное давление (АД) пациента (его изменчивость пропорционально влияет на прогноз риска разрыва) и другие параметры, а метод конечных элементов рассчитывает напряжение на стенке для индивидуальной формы аневризмы и топологии ВПТ, необходимое при оказываемом АД. Этот расчет основан на усредненных данных о свойствах эластичной ткани населения. Одновременно происходит расчет локального напряжения стенки, связанного с расчетной прочностью стенки, которая, в свою очередь, определяет индекс разрыва сосудистой стенки по всей поверхности аневризматического мешка [9].

Наконец на этапе анализа полученных данных извлекается ключевая геометрическая и биомеханическая информация, которая вместе с другими входными данными исследования компилируется в отчетный анализ. Все этапы могут быть выполнены медицинским персоналом, и весь процесс от чтения КТ-изображений до получения отчета об анализе занимает около 10–20 минут на стандартных компьютерах.

Таким образом, появился инструмент для индивидуального прогнозирования разрыва АБА, основанный на многофакторном анализе. Это позволяет дифференцированно подходить при выборе сроков и методов лечения АБА. В работе нам впервые в России удалось использовать данный метод и соотнести показатели БРА с содержанием ряда биологических маркеров характеризующих активность аневризматической болезни.

Биомеханический метод оценки состояния аневризм брюшной аорты. Прогнозирование состояния аневризм брюшной аорты с помощью индивидуального компьютерного моделирования

Как показали представленные выше исследования, непосредственной причиной разрыва АБА является деструкция стенки аорты, в генезе которой большая роль отведена неспецифическому воспалению. Однако существует еще целый ряд модифицируемых и немодифицируемых факторов, обуславливающих развитие осложнений АБА. Прогнозирование клинического течения аневризмы аорты у каждого конкретного пациента с учетом

его индивидуальных особенностей является одной из важнейших задач в эффективном предотвращении гибели больных с АБА.

Одним из вариантов прогнозирования судьбы АБА является использование индивидуального компьютерного математического моделирования аневризмы с помощью программного обеспечения A4 Clinics (Vascops GmbH, Грац, Австрия) [5]. Основными выходными параметрами биомеханической оценки риска разрыва АБА ПНС/PWS и ПРПС/PWRR, на основе которых вычисляется БРА. Его показатель отражает среднестатистический размер аневризмы с эквивалентными биомеханическими показателями риска разрыва исследуемой аневризмы [6]. Таким образом, БРА соединяет индивидуальную биомеханическую оценку с результатами клинических исследований, основанных на диаметре аневризмы [7].

С учетом того, что в отечественной практике метод относительно новый, мы считаем целесообразным дать небольшую справку и комментарии.

При сегментации изображения АБА, по данным КТ конкретного больного, была получена точная трехмерная модель внутрисосудистой и наружной поверхностей аневризмы. При создании сетки эта информация использовалась для построения дискретизированной стенки и ВПТ, то есть для разделения их на большое количество (~20 000–60 000 конечных элементов). Таким образом, программа A4 Clinics создает модель аневризмы, которая включает конститутивные модели или узловые точки: эластичность и прочность стенки аневризмы, а также упругие свойства и силу ВПТ. Эти механические свойства ткани относятся к средним показателям в популяции и определены экспериментально.

С учетом индивидуального среднего АД пациента рассчитывается напряжение на стенке для индивидуальной формы аневризмы и топологии ВПТ. Одновременно происходит расчет локального напряжения стенки, связанного с ее прочностью, которая, в свою очередь, определяет индекс разрыва сосуда по всей поверхности аневризматического мешка. И наконец, при анализе полученных данных извлекается ключевая геометрическая и биомеханическая информация, которая вместе с другими входными данными исследования объединяется в отчетный анализ.

Пиковое напряжение на стенке и пиковый риск разрыва стенки – лучшие показатели по сравнению с максимальным диаметром АБА [8], так как объединяют большое количество хорошо известных факторов риска разрыва АБА (рис. 5).

Был проведен биомеханический анализ КТА у 8 пациентов с АБА при помощи программы A4 Clinics. При этом устанавливался тип аневризмы, измерялись ее максимальный наружный диаметр, максимальный внутренний диаметр, толщина ВПТ, а затем вычислялся показатель «эквивалентный

	Пиковое напряжение стенки (ПНС/PWS)	Пиковый риск разрыва стенки аневризмы (ПРРС/PWRR)
Размер аневризмы	+	+
Артериальное давление	+	+
Размягчение стенки в области ВПТ и расширение диаметра	+	+
Женский пол		+
Семейный анамнез аневризмы		+

Рис. 5. Факторы риска разрыва АБА, которые учитываются (обозначены «+») в показателях пикового напряжения стенки и пикового риска разрыва стенки

диаметр аорты», означавший, какому размеру по степени напряжения соответствует диаметр аорты у конкретного пациента с прогностических позиций. Основные данные об этих больных представлены в таблице 1. С результатами обследования указанных в таблице больных можно ознакомиться ниже.

На рисунках 6 и 7 показаны примеры выполненных исследований. Обозначен аксиальный и сагиттальный срезы аорты в зоне максимального размера аневризмы, обозначена цветовая индикация риска разрыва стенки АБА и наконец на отдельном графике определен риск разрыва АБА у конкретного больного. Поле

красного цвета означает высокий риск развития осложнений, оранжевого – средний, желтого – низкий.

По оси абсцисс – пиковый риск разрыва стенки, по оси ординат – максимальный диаметр аневризмы брюшной аорты (в мм).

У данного больного максимальный наружный диаметр АБА составил 47,2 мм. И по всем канонам его необходимо наблюдать. В то же время БРА оказался на 5,2 мм больше (52,4 мм) и тогда уже данного больного требуется рассматривать как кандидата на оперативное лечение в связи с большим риском разрыва АБА, несмотря на малый диаметр аневризмы.

Таблица 1

Результаты биомеханического анализа обследованных пациентов

№	Пациент, возраст (лет)	Тип АБА	Max наружный диаметр, мм	Max внутренний диаметр, мм	Max толщина ВПТ, мм	Показатели биомеханического анализа риска разрыва		Биомеханический размер АБА, мм	Разница диаметра АБА и биомеханического размера АБА
						PWS [kPa]	PWRR		
1	Ф., 61	М	47,2	41,4	9,0	219,9	0,446	52,4	5,2
2	К., 60	В	40,4	35,8	1,7	181,1	0,378	45,7	5,3
3	З., 76	В	52,8	46,0	3,8	212,3	0,461	53,5	0,7
4	Б., 69	В	41,5	32,5	7,8	141,5	0,291	37,3	-4,2
5	О., 81	В	46,9	38,6	7,3	184,6	0,405	48,3	1,4
6	М., 71	В	62,5	43,9	23,2	287,1	0,606	66,5	4
7	К., 61	В	52,4	30,4	25,3	167,8	0,366	44,8	-7,6
8	Е., 83	В	60,6	55,0	3,2	258,5	0,546	61,4	0,8

Примечание: М – мешотчатая, В – веретенообразная.

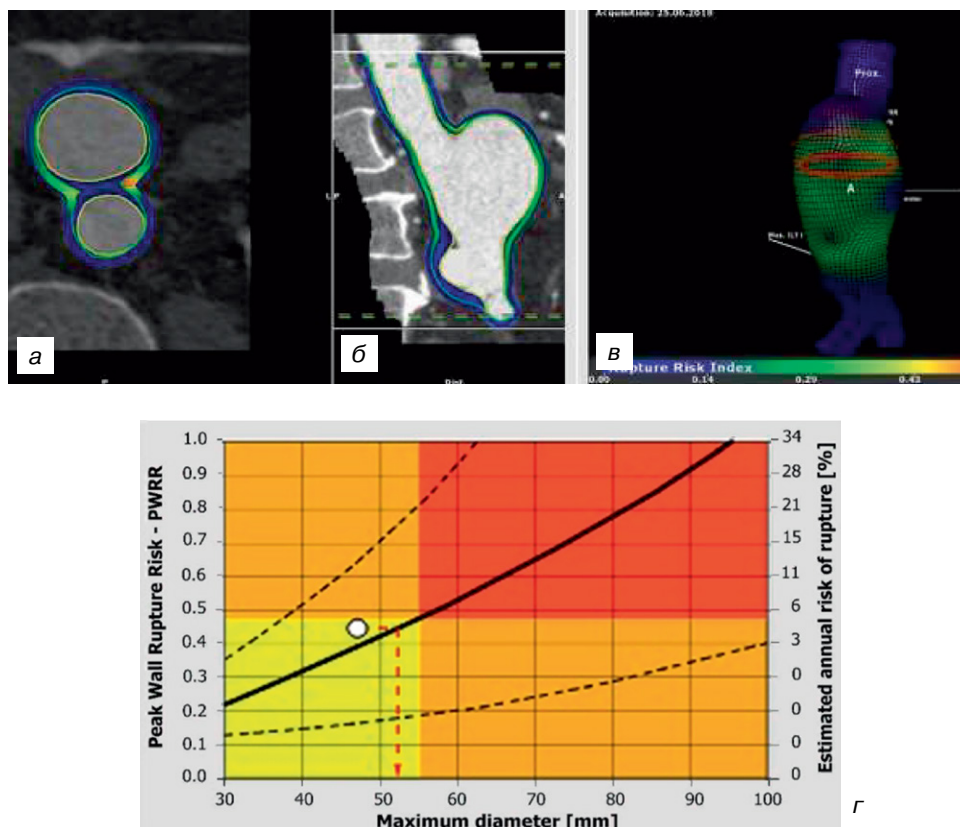


Рис. 6. Компьютерная томоангиограмма больного Ф., 61 год: а) аксиальный срез на уровне максимального диаметра аневризмы брюшной аорты; б) сагиттальный срез; в) цветовая индексация риска разрыва стенки аневризмы брюшной аорты; г) график оценки пикового и эквивалентного диаметра риска разрыва аневризмы

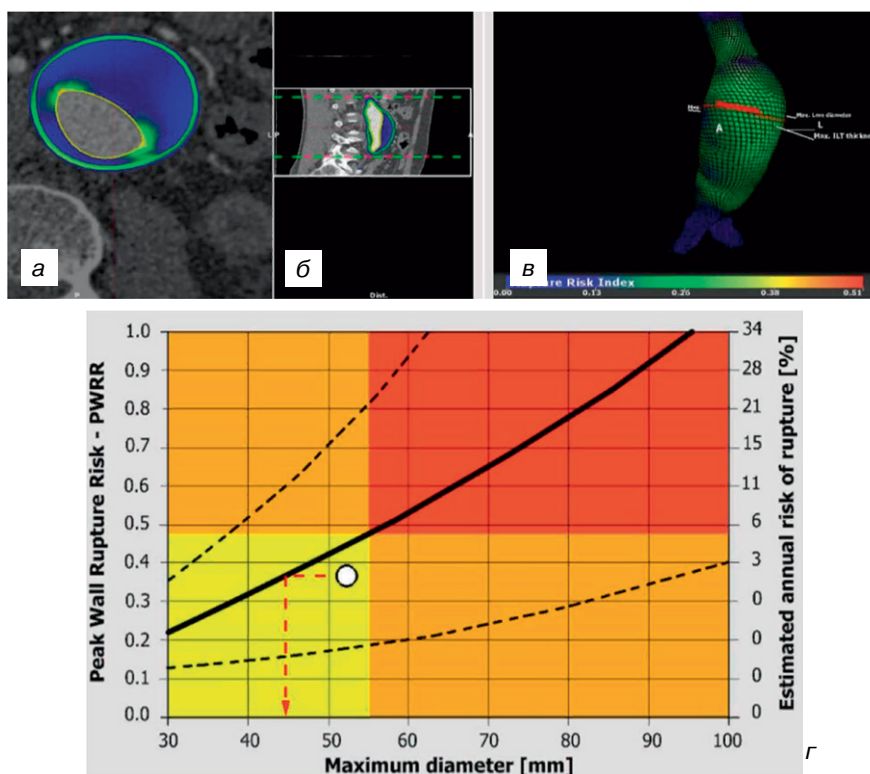
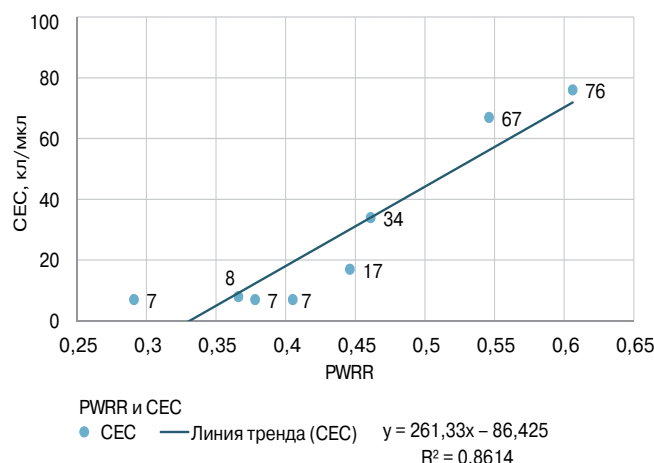
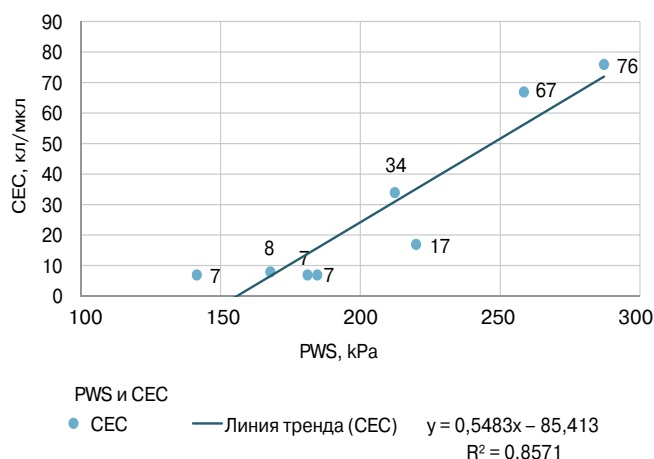


Рис. 7. Компьютерная томоангиограмма больного К., 69 лет: а) аксиальный срез на уровне максимального диаметра аневризмы брюшной аорты; б) сагиттальный срез; в) цветовая индексация риска разрыва стенки аневризмы брюшной аорты; г) график оценки пикового и эквивалентного диаметра риска разрыва аневризмы

Таблица 2

Корреляционная связь между показателями биомеханического метода оценки АБА и значениями биохимических маркеров

Биохимические маркеры	Биомеханические показатели АБА			
	PWS [kPa]	PWRR	RRED [mm]	АБА D [mm]
NK cells, кл/мкл	$r = 0,011$ $p = 0,97$	$r = 0,017$ $p = 0,96$	$r = 0,030$ $p = 0,94$	$r = 0,193$ $p = 0,64$
NK cells, %	$r = 0,156$ $p = 0,71$	$r = 0,153$ $p = 0,71$	$r = 0,172$ $p = 0,68$	$r = 0,008$ $p = 0,98$
ЦЭК	$r = 0,925$ $p = 0,0009$	$r = 0,928$ $p = 0,0008$	$r = 0,921$ $p = 0,001$	$r = 0,899$ $p = 0,002$
Mono Total, кл/мкл	$r = -0,316$ $p = 0,19$	$r = -0,553$ $p = 0,15$	$r = -0,566$ $p = 0,14$	$r = -0,628$ $p = 0,09$
Mono Total, %	$r = -0,316$ $p = 0,45$	$r = -0,321$ $p = 0,43$	$r = -0,323$ $p = 0,43$	$r = -0,353$ $p = 0,39$
MMP-2	$r = 0,024$ $p = 0,97$	$r = -0,063$ $p = 0,92$	$r = -0,059$ $p = 0,92$	$r = -0,369$ $p = 0,54$
MMP-9	$r = -0,492$ $p = 0,34$	$r = -0,543$ $p = 0,34$	$r = -0,558$ $p = 0,32$	$r = 0,850$ $p = 0,07$



По результатам проведенного анализа у троих пациентов БРА был больше диаметра АБА на 4,0, 5,2 и 5,3 мм. В двух случаях БРА оказался меньше диаметра аневризмы на 4,2 мм и 7,6 мм.

Даже при том, что количество обследованных с помощью КТА пациентов незначительно, мы видим, что у большинства больных есть отличия между диаметром АБА и БРА. У 3 пациентов этот показатель не соответствовал общепринятому (по диаметру) критерию и был выше по данным биомеханического анализа. Этот факт говорит нам о важности использования подобных программ как эффективного инструмента объективного способа индивидуальной оценки риска разрыва АБА. Это позволит своевременно установить необходимость операции или отсутствие таковой, предотвратить разрыв АБА или избежать ненужного вмешательства.

Взаимоотношение патогенетических маркеров воспаления и показателей биомеханического метода оценки состояния аневризм брюшной аорты

После определения патогенетических маркеров развития АБА и показателей биомеханического метода оценки состояния АБА встает вопрос об их взаимоотношениях, связях между ними. Был проведен анализ возможных корреляционных взаимосвязей между патогенетическими маркерами развития АБА и показателями биомеханического метода оценки АБА.

Проведенный корреляционный анализ выявил наличие прямой связи количества циркулирующих эндотелиальных клеток (ЦЭК) с такими основными показателями биомеханического метода оценки состояния АБА, как пиковое напряжение в стенке (ПНС/PWS), пиковый риск разрыва стенки (ПРПС/PWRR), эквивалентный диаметр риска разрыва

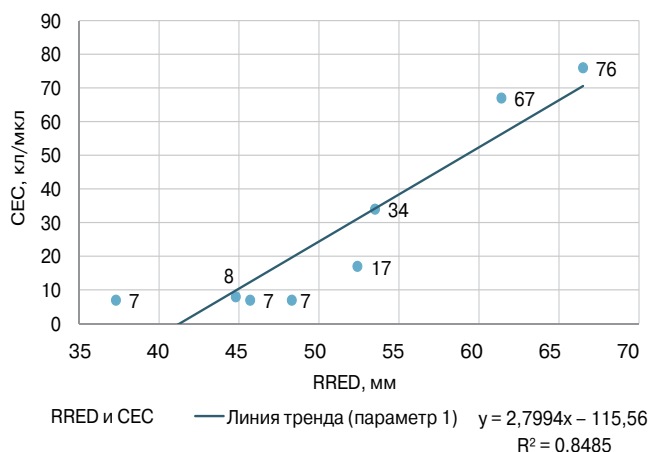


Рис. 10. Корреляция между циркулирующими эндотелиальными клетками и эквивалентным диаметром риска разрыва аневризмы

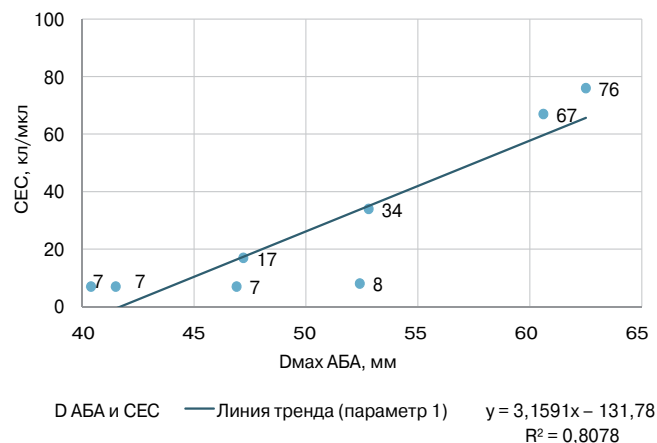


Рис. 11. Корреляция между циркулирующими эндотелиальными клетками и диаметром аневризмы брюшной аорты

аневризмы (ЭДПП/RRED) и диаметр аневризмы (табл. 2, рис. 8–11).

Корреляционная связь между ММП-9 и биомеханическими показателями носит умеренный характер.

Заключение

Понятие «эквивалентный диаметр» аневризмы в настоящее время отсутствует в рекомендациях ведущих сообществ сосудистых хирургов ввиду недостаточного объема данных по его использованию и высокой стоимости исследования и практически не применяется в повседневной практике. Однако, по нашему мнению, это понятие позволяет охарактеризовать состояние АБА шире и информативнее. Выявленная зависимость размера АБА от уровня

содержания ЦЭК в крови у больных позволила получить новый, легко определяемый в лабораторных условиях, объективный маркер для решения вопроса о приоритетности хирургического лечения у тех или иных пациентов.

В отличие от универсального показателя, диаметра аневризмы брюшной аорты, полученного при выполнении компьютерной томоангиографии, использование биомеханического метода оценки риска разрыва аневризмы брюшной аорты определяет более точный индивидуальный размер аневризмы. На наш взгляд, сопоставление нескольких параметров оценки риска РА, безусловно, повлияет на тактику лечения, решение о необходимости, очередности, вида и срочности оперативного лечения, что позволит уменьшить летальность пациентов с АБА.

ЛИТЕРАТУРА

1. A comparison of diameter, wall stress, and rupture potential index for abdominal aortic aneurysm rupture risk prediction / A. Maier, M. W. Gee, C. Reeps [et al.] // Ann Biomed Eng. – 2010. – Vol. 38. – P. 3124–3134.
2. Raghavan M. L., Vorp D. A. Toward a biomechanical tool to evaluate rupture potential of Abdominal Aortic Aneurysm: Identification of a finite strain constitutive model and evaluation of its applicability // J. Biomech. – 2000. – Vol. 33 (4). – P. 475–482.
3. A novel strategy to translate the biomechanical rupture risk of abdominal aortic aneurysms to their equivalent diameter risk: Method and retrospective validation / T. C. Gasser, A. Nchimi, J. Swedenborg [et al.] // Europ. J. Vasc. Endovasc. Surg. – 2014. – Vol. 47 (3). – P. 288–295.
4. Biomechanical factors in the biology of aortic wall and aortic valve diseases / M. Bäck, T. C. Gasser, J. B. Michel [et al.] // Cardiovasc. Res. – 2013. – Vol. 99 (1). – P. 232–241.
5. Розин Л. А. Метод конечных элементов // Соросовский образовательный журнал. – 2000. – Т. 6, № 4. – С. 120–127.
6. Biomechanical rupture risk assessment of Abdominal Aortic Aneurysms. Model complexity versus predictability of Finite Element Simulations / T. C. Gasser, M. Auer, F. Labruto [et al.] // Eur. J. Vasc. Endovasc. Surg. – 2010. – Vol. 40 (2). – P. 176–185.
7. Mortality results for randomised controlled trial of early elective surgery or ultrasonographic surveillance for small abdominal aortic aneurysms. The UK Small Aneurysm Trial Participants // Lancet. – 1998. – Vol. 352 (9141). – P. 1649–1655.
8. Peak Wall Stress measurement in elective and acute Abdominal Aortic Aneurysms / M. S. Heng, M. J. Fagan, J. W. Collier [et al.] // J. Vasc. Surg. – 2008. – Vol. 47 (1). – P. 17–22.

ВОСПАЛЕНИЕ КУЛЬТИ ЧЕРВЕОБРАЗНОГО ОТРОСТКА: КЛИНИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ И ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

¹И. В. Дмитроченко, ¹А. О. Бреднев, ¹И. И. Дзидзава, ¹Е. Е. Фуфаев, ²А. С. Грищенко

¹ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова» Минобороны России

²ФГБУ «Северо-Западный окружной научно-клинический центр имени Л. Г. Соколова» ФМБА России

¹I. V. Dmitrochenko, ¹A. O. Brednev, ¹I. I. Dzidzava, ¹E. E. Fufaev, ²A. S. Grishchenkov

INFLAMMATION OF THE STUMP APPENDIX: CLINICAL OBSERVATIONS AND LITERATURE REVIEW

¹Military Medical Academy named after S. M. Kirov of the Ministry of Defense of Russia

²North-West District Research Clinical Center named after L. G. Sokolov of the Federal Medical-Biological Agency

РЕФЕРАТ. Воспаление культи червеобразного отростка – редкое позднее осложнение аппендэктомии – в настоящее время остается недостаточно освещенной темой в медицинской литературе. Его малая частота, тем более в длительном временном интервале, делает невозможным проведение проспективных рандомизированных исследований. Представлены два клинических случая успешного хирургического лечения пациентов с воспалением культи червеобразного отростка. В обоих случаях клиническая симптоматика развилась в отдаленном периоде после аппендэктомии, а лабораторная и инструментальная диагностика были неспецифичны. В обоих случаях выполнена завершающая аппендэктомия с резекцией купола слепой кишки из лапароскопического оперативного доступа без конверсии доступа, отмечено гладкое течение послеоперационного периода.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: червеобразный отросток, культя червеобразного отростка, воспаление, аппендэктомия.

SUMMARY. Inflammation of the stump appendix, a rare late complication of appendectomy, remains insufficiently covered in the medical literature at present. Its low frequency, especially over a long time interval, makes it impossible to conduct prospective randomized trials. Two clinical cases of successful surgical treatment of patients with inflammation of the stump of the appendix are presented. In both cases, clinical symptoms developed in the long-term period after appendectomy, and laboratory and instrumental diagnostics were non-specific. In both cases, a final appendectomy was performed with resection of the appendiceal-cecal junction from laparoscopic surgical access without access conversion, a smooth course of the postoperative period was noted.

KEYWORDS: appendix, appendix stump, inflammation, appendectomy.

Введение

Острый аппендицит несет риск развития жизнеугрожающих осложнений в 6–9% случаев, а аппендэктомия по-прежнему остается самой частой неотложной хирургической операцией во всем мире [1, 2]. Воспаление культи червеобразного отростка – редкое позднее осложнение аппендэктомии, впервые описанное Т. F. Rose в 1945 году [3–5]. При этом оно по сей день является недостаточно освещенным в медицинской литературе, а его истинная частота не может быть установлена достоверно [6, 7].

Представляем два клинических случая успешного хирургического лечения воспаления культи червеобразного отростка.

Клинический пример № 1

Больная М., 34 года, 17 ноября 2021 года поступила в клинику госпитальной хирургии ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова» Минобороны России по не-

отложным показаниям с диагнозом направления «острый живот». Из анамнеза известно, что в апреле 2021 года перенесла лапароскопическую аппендэктомию по поводу флегмонозного аппендицита, рыхлого аппендикулярного инфильтрата, местного отграниченного перитонита. В отдаленном послеоперационном периоде дважды отмечала эпизоды болей в нижних отделах живота справа, схожие с таковыми при остром аппендиците. При этом за медицинской помощью не обращалась, самостоятельно принимала спазмолитические и нестероидные противовоспалительные средства (НПВС) с положительным эффектом. Очередной эпизод появления болей отметила 15 ноября 2021 года. В связи с отсутствием положительного эффекта после приема обезболивающих препаратов вызвала бригаду скорой помощи.

На момент поступления предъявляла жалобы на ноющие боли в нижних отделах живота, больше справа, умеренно выраженную тошноту.

При объективном обследовании: состояние средней степени тяжести, обусловлено болевым синдромом. Кожный покров и видимые слизистые обычного цвета и влажности; послеоперационные рубцы (три) без признаков воспаления. Температура тела – 37,4 °С. Гемодинамика стабильная, ЧСС = 92/мин, АД = 125 и 85 мм рт. ст. Дыхание везикулярное, хрипов нет, ЧД = 15/мин. Язык влажный, у корня обложен сероватым налетом, живот симметричный, не вздут, участвует в акте дыхания, при поверхностной пальпации незначительно болезненный в правой паховой области, при глубокой – резко болезненный там же, симптомы раздражения брюшины сомнительные, перистальтика выслушивается; при ректальном исследовании патологии не выявлено. Со стороны других органов и систем без патологии.

В лабораторных показателях обращал на себя внимание лейкоцитоз до $14,5 \times 10^9/\text{л}$ с незначительным сдвигом лейкоцитарной формулы влево. По данным обзорной рентгенографии груди и живота, определялся незначительный пневматоз кишечника, другой патологии выявлено не было. По результатам УЗИ органов брюшной полости и забрюшинного пространства выявлено незначительное количество свободной жидкости в проекции правой подвздошной ямки.

С учетом жалоб, анамнеза, результатов объективного, лабораторного, инструментального методов обследования принято решение о выполнении диагностической лапароскопии.

Интраоперационно определялся умеренно выраженный спаечный процесс в проекции ранее сделанной аппендэктомии. После установки дополнительных лапаропортов и разделения спаек визуализирован купол слепой кишки с культей червеобразного отростка длиной около 7–8 мм, утолщенной, отечной и с наложениями фибрина. Осуществлена аппаратная резекция купола слепой кишки с культей червеобразного отростка. Препарат удален через троакарный прокол. В брюшную полость установлен ПВХ-дренаж диаметром 30 Fr/Ch. Продолжительность оперативного вмешательства – 50 минут.

Послеоперационный период протекал гладко, осложнений не зафиксировано, дренаж из брюшной полости удален через сутки. Послеоперационный койко-день – 4 суток. Пациентка выписана в удовлетворительном состоянии; в отдаленном периоде подобных жалоб не отмечалось.

Клинический пример № 2

Больная П., 45 лет, поступила 26 октября 2022 года в порядке оказания скорой и неотложной медицинской помощи с диагнозом направления «острый живот, острый аппендицит?».

Предъявляла жалобы на боли ноющего характера в проекции нижних отделов живота.

После изучения анамнеза стало известно, что в мае 2022 года в одной из стран Прибалтики (документация не предоставлена) пациентка перенесла лапароскопическую аппендэктомию по поводу острого аппендицита. В ночь с 25 на 26 октября 2022 года проснулась от болей в нижних отделах живота. Лекарственные препараты не принимала. В связи с сохранявшимся болевым синдромом вызвала бригаду скорой помощи, которая доставила ее в клинику госпитальной хирургии ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова» Минобороны России.

По результатам объективного обследования определялась болезненность в нижних отделах живота, больше справа, симптомы раздражения брюшины отрицательные. Со стороны других органов и систем патологических изменений выявлено не было, температура тела в пределах нормальных значений. Лабораторно – лейкоцитоз $17,3 \times 10^9/\text{л}$ со сдвигом лейкоцитарной формулы влево, изменения других показателей не зафиксированы. По результатам инструментальных методов обследования существенных патологических изменений выявлено не было.

В данном случае также принято решение о выполнении диагностической лапароскопии в срочном порядке.

Интраоперационно после разделения спаек в области правой подвздошной ямки визуализирована слепая кишка с признаками утолщения и отека стенки, с культей червеобразного отростка длиной до 1,0 см и наложениями фибрина. В данном случае также осуществлена завершающая лапароскопическая аппендэктомия – аппаратная резекция купола слепой кишки с культей червеобразного отростка. Оперативное вмешательство окончено санацией и дренированием брюшной полости. Продолжительность – 60 минут.

Послеоперационный период протекал гладко, осложнений зафиксировано не было. На 5-е сутки послеоперационного периода пациентка была выписана в удовлетворительном состоянии.

Обсуждение

Воспаление культы червеобразного отростка представляет собой воспаление любой оставшейся ткани аппендикса после аппендэктомии [8, 9]. Истинная частота воспаления культы червеобразного отростка неизвестна и ее трудно установить. Лишь в двух обзорах литературы сообщается о показателях в 0,06–0,15%. Воспаление культы аппендикса может возникать в любом возрасте и в различные сроки после аппендэктомии – от нескольких дней до нескольких десятилетий [4, 7, 10, 11].

Патогенетический механизм воспаления культы червеобразного отростка остается в значительной степени неясным и может быть связан с попаданием фекалий в просвет культы и ее плохим кро-

воснабжением. Основным предрасполагающим фактором является длина культы аппендикса. Культа $\geq 0,5$ см считается достаточно большой, для того чтобы фекалии могли попасть в нее и вызвать обструкцию и воспаление. В медицинской литературе описаны случаи развития воспаления культы червеобразного отростка при ее размерах от 0,5 см до 10,0 см (в среднем для открытых аппендэктомий $3,02 \pm 1,7$ см против $3,3 \pm 1,3$ см для лапароскопических, $p = 0,17$) [12]. При этом прогнозируется пропорциональное увеличение частоты развития воспаления культы аппендикса после лапароскопических оперативных вмешательств по мере дальнейшего внедрения их в повседневную практику [13].

Обычно воспаление культы червеобразного отростка не учитывается в процессе дифференциальной диагностики синдрома «острого живота» у пациентов с аппендэктомией в анамнезе, что ведет к запоздалой диагностике (в среднем $2,4 \pm 2,3$ суток между появлением клинической симптоматики и оперативным лечением), приводящей к более высокой частоте перфорации и развития разлитого перитонита, необходимости более обширного хирургического вмешательства и увеличивает частоту послеоперационных осложнений [9, 13].

Основным симптомом является острая боль в нижнем отделе живота справа, а симптом Кохе-ра встречается довольно редко. В редких случаях наблюдаются острые боли в животе неопределенной локализации. При этом каждый пятый пациент указывает на эпизодические боли умеренной интенсивности в нижних отделах живота после перенесенной ранее аппендэктомии, что ранее не требовало обращения за медицинской помощью по этому поводу [3, 4, 9, 14]. У 20% больных, поступивших в хирургический стационар по неотложным показаниям, отсутствует лейкоцитоз и не определяются лабораторные признаки системной воспалительной реакции [10, 15]. Результаты ультразвукового исследования органов брюшной полости, как правило, неспецифичны и представлены обнаружением жидкости в правой подвздошной ямке или отека стенки слепой кишки. У некоторых пациентов может быть визуализирована утолщенная воспаленная культа с аппендиколитом в ее просвете [9, 12]. Результаты компьютерной томографии живота также неспецифичны и включают обнаружение жидкости вокруг слепой кишки или по ходу восходящей ободочной кишки, утолщение стенки слепой кишки с жировыми отложениями, абсцесс в этой области или свободный газ в брюшной полости в случае перфорации [11, 15–18].

Завершающая аппендэктомия является основным методом лечения данной группы пациентов и, как правило, эффективна и безопасна, когда можно определить основание аппендикса. В случаях гангрены, абсцесса, перфорации культы

или воспаления слепой кишки может потребоваться илеоцекектомия или даже правосторонняя гемиколэктомия, что наблюдается приблизительно в 11,0% наблюдений [12, 16]. Тем не менее общая частота осложнений после операций по поводу воспаления культы червеобразного отростка (7,7%) сопоставима с таковой после острого аппендицита (3,0–28,0%). При этом оперативное вмешательство из лапароскопического доступа технически выполнимо даже после первоначальной открытой операции, а частота конверсии доступа составляет 18,5% [10, 14].

Независимо от метода удаления червеобразного отростка или культы аппендикса, необходимо проследить *taeniae coli* до основания слепой кишки, чтобы распознать место отхождения аппендикса от слепой кишки. A. Subramanian и соавт. Для лапароскопической аппендэктомии предлагают *critical view of safety* («критический взгляд на безопасность»), эквивалентный таковому при холецистэктомии, когда аппендикс, терминальный отдел подвздошной кишки и *taenia libera* образуют треугольник [9, 12]. Недостаточная визуализация основания аппендикса чаще встречается в случаях множественных спаек, ретроцекального или ретроперитонеального расположения аппендикса и особенно при выраженном воспалительном процессе в брюшной полости [3, 4]. Невозможность идентифицировать место отхождения аппендикса от слепой кишки является показанием к конверсии доступа [6–9].

В представленных клинических случаях повторная симптоматика развилась через несколько месяцев после первичного оперативного лечения. В обоих случаях клиническая картина, лабораторная и инструментальная диагностика не были специфичны, а длина культы червеобразного отростка превышала 0,5 см. В обоих случаях успешно выполнена завершающая лапароскопическая аппендэктомия с резекцией купола слепой кишки, к конверсии доступа не прибегали. При этом важно отметить, что на момент оперативного вмешательства периаппендикулярно абсцесса, гангрены культы червеобразного отростка или ее перфорации выявлено не было.

Таким образом, с учетом малой частоты развития воспаления культы червеобразного отростка, тем более в длительном временном интервале, проведение проспективных рандомизированных исследований не представляется возможным. Поэтому в настоящее время систематические обзоры, серии случаев и клинические наблюдения являются самым высоким доступным уровнем доказательности. Также вопрос о том, является ли лапароскопический доступ фактором риска развития воспаления культы червеобразного отростка, не может быть определенно решен, поскольку истинная частота воспаления культы аппендикса

после открытых и лапароскопических оперативных вмешательств не может быть достоверно рассчитана.

Выводы

Воспаление культи червеобразного отростка – редкое позднее осложнение оперативных вмешательств по поводу острого аппендицита. Основным фактором

риска развития данного состояния является неспособность идентифицировать основание аппендикса во время первичного оперативного вмешательства, а также остаточная культя аппендикса > 0,5 см. Завершающая аппендэктомия считается основным методом лечения данной патологии, однако гангрена культи, ее перфорация или внутрибрюшной абсцесс могут привести к более обширным резекциям.

ЛИТЕРАТУРА

1. Wagner M., Tubre D. J., Asensio J. A. Evolution and current trends in the management of acute appendicitis // Surg. Clin. North. – 2018. – Vol. 98 (5). – P. 1005–1023.
2. Laparoscopy in management of appendicitis in high-, middle-, and low-income countries: a multicenter, prospective, cohort study / Globalsurg. Collaborative // Surg. Endosc. – 2018. – Vol. 32 (8). – P. 3450–3466.
3. Surgical site infection after gastrointestinal surgery in high-income, middle-income, and low-income countries: a prospective, international, multicentre cohort study / Globalsurg. Collaborative // Lancet Infect. Dis. – 2018. – Vol. 18 (5). – P. 516–525.
4. Stump appendicitis: a review / H. Kanona, A. Al Samaraee, C. Nice [et al.] // Int. J. Surg. – 2012. – Vol. 10 (9). – P. 425–428.
5. Rose T. F. Recurrent appendiceal abscess // Med. J. of Australia. – 1945. – Vol. 1 (26). – P. 659–662.
6. The global incidence of appendicitis / M. Ferris, S. Quan, B. S. Kaplan [et al.] // Ann. Surg. – 2017. – Vol. 266 (2). – P. 237–241.
7. Inflammation of the residual appendix stump: a systematic review / D. R. Leff, M. R. Sait, M. Hanief [et al.] // Colorectal Dis. – 2012. – Vol. 14 (3). – P. 282–293.
8. Liang M. K., Lo H. G., Marks J. L. Stump appendicitis: a comprehensive review of literature // Am. Surg. – 2006. – Vol. 72 (2). – P. 162–166.
9. Papi S., Pecchini F., Gelmini R. Stump appendicitis: a rare and unusual complication after appendectomy. Case report and review of the literature // Ann. Ital. Chir. – 2014. – Vol. 85 (ePub). – S2239253X14022270.
10. Stump appendicitis: a retrospective review of 3130 consecutive appendectomy cases / E. Dikicier, F. Altintoprak, K. Ozdemir [et al.] // World J. Emerg. Surg. – 2018. – Vol. 13 (1). – P. 22.
11. Buttrick S. S., Choi J. J., Divino C. M. Stump appendicitis after open and laparoscopic appendectomies // Am. Surg. – 2018. – Vol. 78 (1). – P. 143.
12. Unfinished business: a systematic review of stump appendicitis / D. K. Manatakis, V. Aheimastos, M.-I. Antonopoulou [et al.] // World J. Surg. – 2019. – Vol. 43 (11). – P. 2756–2761.
13. Subramanian A., Liang M. K. A 60-year literature review of stump appendicitis: The need for a critical view // Am. J. Surg. – 2012. – Vol. 203 (4). – P. 503–507.
14. Meta-analysis of observational studies in epidemiology: A proposal for reporting. Meta-analysis of observational studies in epidemiology (moose) group / D. F. Stroup, J. A. Berlin, S. C. Morton [et al.] // JAMA. – 2000. – Vol. 283 (15). – P. 2008–2012.
15. Prospective observational study on acute appendicitis worldwide (POSAW) / M. Sartelli, G. L. Baiocchi, S. Di Saverio [et al.] // World J. Emerg. Surg. – 2018. – Vol. 13 (1). – P. 19.
16. Beyond appendicitis; radiologic review of unusual and rare pathology of the appendix / J. J. Hines, G. K. Paek, P. Lee [et al.] // Abdom. Radiol. – 2016. – Vol. 41 (3). – P. 568–581.
17. Gaetke-Udager K., Maturen K. E., Hammer S. G. Beyond acute appendicitis: Imaging and pathologic spectrum of appendiceal pathology // Emerg. Radiol. – 2014. – Vol. 21 (5). – P. 535–542.
18. Comprehensive review of typical and atypical pathology of the appendix on CT: Cases with clinical implications / R. Quadri, V. Vasan, C. Hester [et al.] // Clin. Im. – 2019. – Vol. 53. – P. 65–77.
19. МРТ. Органы живота / С. С. Багненко, А. С. Грищенко, А. Ю. Ефимцев [и др.] // Руководство для врачей. – 2019. – 512 с.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

1. Баев Микаэл Сагитович, врач-рентгенолог, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр имени В. А. Алмазова» Минздрава России, 197341, РОССИЯ, САНКТ-ПЕТЕРБУРГ, ул. Аккуратова, д. 2, тел. +7 (921) 389-10-95, e-mail: mikael.baev@mail.ru, ORCID 0000-0002-7224-6005, SPIN-код 6723-6350
2. Божок Алла Александровна, д. м. н., профессор кафедры пластической и реконструктивной хирургии, профессор кафедры онкологии, детской онкологии и лучевой терапии, ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет» Минздрава России, 194100, РОССИЯ, САНКТ-ПЕТЕРБУРГ, Литовская ул., д. 2Я; руководитель маммологической службы, ФГБУ «Северо-Западный окружной научно-клинический центр имени Л. Г. Соколова» ФМБА России, 194291, РОССИЯ, САНКТ-ПЕТЕРБУРГ, пр. Культуры, д. 4, лит. А, e-mail: allabozhok@mail.ru, ORCID 0000-0002-1187-7989
3. Бреднев Антон Олегович, начальник отделения центра координации медицинского обеспечения, врач-хирург, ФГБОУ ВО «Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова» Минобороны России, 194044, РОССИЯ, САНКТ-ПЕТЕРБУРГ, ул. Академика Лебедева, д. 6Ж, тел. +7 (911) 969-28-06, e-mail: antonbrednev@mail.ru
4. Галкин Павел Андреевич, сердечно-сосудистый хирург, ФГБУ «Северо-Западный окружной научно-клинический центр имени Л. Г. Соколова» ФМБА России, 194291, РОССИЯ, САНКТ-ПЕТЕРБУРГ, пр. Культуры, д. 4, лит. А, e-mail: galkinpavel09@mail.ru, ORCID 0000-0002-6512-6347
5. Гамзатов Темирлан Хизриевич, к. м. н., сердечно-сосудистый хирург, ФГБУ «Северо-Западный окружной научно-клинический центр имени Л. Г. Соколова» ФМБА России, 194291, РОССИЯ, САНКТ-ПЕТЕРБУРГ, пр. Культуры, д. 4, лит. А, e-mail: tgamzatov@mail.ru, ORCID 0000-0003-3251-7103
6. Грищенко Александр Сергеевич, к. м. н., доцент кафедры лучевой диагностики и медицинской визуализации, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр имени В. А. Алмазова» Минздрава России, 197341, РОССИЯ, САНКТ-ПЕТЕРБУРГ, ул. Аккуратова, д. 2; врач-рентгенолог, заведующий рентгеновским отделением, ФГБУ «Северо-Западный окружной научно-клинический центр имени Л. Г. Соколова» ФМБА России, 194291, РОССИЯ, САНКТ-ПЕТЕРБУРГ, пр. Культуры, д. 4, лит. А, тел. +7 (911) 149-99-13, e-mail: gasradiology@mail.ru, ORCID 0000-0003-0910-6904, SPIN-код 5654-0112
7. Гуревич Виктор Савельевич, д. м. н., профессор, заведующий отделением атеросклероза, Научно-клинический и образовательный центр «Кардиология», ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет», РОССИЯ, САНКТ-ПЕТЕРБУРГ, Университетская наб., д. 7–9; профессор кафедры госпитальной терапии и кардиологии, ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет имени И. И. Мечникова» Минздрава России, 195067, РОССИЯ, САНКТ-ПЕТЕРБУРГ, Пискаревский пр., д. 47; руководитель Центра атеросклероза и нарушений липидного обмена, ФГБУ «Северо-Западный окружной научно-клинический центр имени Л. Г. Соколова» ФМБА России, 194291, РОССИЯ, САНКТ-ПЕТЕРБУРГ, пр. Культуры, д. 4, лит. А, e-mail: ater@med122.com, ORCID 0000-0002-6815-444X
8. Дзидзава Илья Игоревич, врач-хирург, начальник кафедры госпитальной хирургии, ФГБОУ ВО «Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова» Минобороны России, 194044, РОССИЯ, САНКТ-ПЕТЕРБУРГ, ул. Академика Лебедева, д. 6Ж, тел. +7 (911) 247-39-23, e-mail: dzidzava@mail.ru
9. Дмитроченко Иван Валерьевич, врач-хирург, старший ординатор хирургического отделения клиники (кафедры) госпитальной хирургии, ФГБОУ ВО «Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова» Минобороны России, 194044, РОССИЯ, САНКТ-ПЕТЕРБУРГ, ул. Академика Лебедева, д. 6Ж, тел. +7 (911) 911-01-77, e-mail: dmitrochenkoiv@yandex.ru
10. Кащенко Виктор Анатольевич, д. м. н., профессор, заведующий кафедрой факультетской хирургии, ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет», 199034, РОССИЯ, САНКТ-ПЕТЕРБУРГ, Университетская наб., д. 7–9, e-mail: surg122@yandex.ru, ORCID 0000-0002-4958-5850
11. Кебряков Алексей Владимирович, сердечно-сосудистый хирург, ФГБУ «Северо-Западный окружной научно-клинический центр имени Л. Г. Соколова» ФМБА России, 194291, РОССИЯ, САНКТ-ПЕТЕРБУРГ, пр. Культуры, д. 4, лит. А, e-mail: kebriakov@gmail.com, ORCID 0000-0002-8307-3453
12. Кулакова Анастасия Леонидовна, студентка, ФГБОУ ВО «Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет имени академика И. П. Павлова» Минздрава России, 197022, РОССИЯ, САНКТ-ПЕТЕРБУРГ, ул. Льва Толстого, д. 6–8, e-mail: nastay2711.ua@yandex.ru, ORCID 0009-0005-2410-5522
13. Лукин Сергей Владимирович, сердечно-сосудистый хирург, ФГБУ «Северо-Западный окружной научно-клинический центр имени Л. Г. Соколова» ФМБА России, 194291, РОССИЯ, САНКТ-ПЕТЕРБУРГ, пр. Культуры, д. 4, лит. А, e-mail: surg122@yandex.ru, ORCID 0000-0003-1843-8556

14. Манелов Александр Евгеньевич, ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет имени И. И. Мечникова» Минздрава России, 191015, РОССИЯ, САНКТ-ПЕТЕРБУРГ, ул. Кирочная, д. 41, e-mail: manelowv5@gmail.com, ORCID 0009-0009-7892-4768
15. Маргарянц Никита Борисович, к. т. н., доцент кафедры физики, математики и информатики, ФГБОУ ВО «Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет имени академика И. П. Павлова» Минздрава России, 197022, РОССИЯ, САНКТ-ПЕТЕРБУРГ, ул. Льва Толстого, д. 6–8, e-mail: margaryancnb@1spbgbmu.ru, ORCID 0000-0002-3767-3618
16. Мельников Виктор Михайлович, к. м. н., сердечно-сосудистый хирург, ФГБУ «Северо-Западный окружной научно-клинический центр имени Л. Г. Соколова» ФМБА России, 194291, РОССИЯ, САНКТ-ПЕТЕРБУРГ, пр. Культуры, д. 4, лит. А, e-mail: victorsurgdoc@gmail.com, ORCID 0000-0003-2153-7256
17. Ратников Вячеслав Альбертович, д. м. н., профессор научно-клинического и образовательного центра «Лучевая диагностика и ядерная медицина» Института высоких медицинских технологий, ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет», 199034, РОССИЯ, САНКТ-ПЕТЕРБУРГ, Университетская наб., д. 7–9; исполняющий обязанности генерального директора, ФГБУ «Федеральный научно-клинический центр инфекционных болезней ФМБА России», 197022, РОССИЯ, САНКТ-ПЕТЕРБУРГ, ул. Профессора Попова, д. 9, e-mail: dr.ratnikov@mail.ru, ORCID 0000-0002-9645-8408, SPIN-код 4110-0454, Author ID 419179
18. Рыжков Антон Владимирович, заведующий отделением магнитно-резонансной томографии, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр имени В. А. Алмазова» Минздрава России, 197341, РОССИЯ, САНКТ-ПЕТЕРБУРГ, ул. Аккуратова, д. 2, e-mail: abanderos83@mail.ru, ORCID 0000-0001-5226-1104, SPIN-код 6745-3075
19. Светликов Алексей Владимирович, д. м. н., заведующий отделением сосудистой и эндоваскулярной хирургии, ФГБУ «Северо-Западный окружной научно-клинический центр имени Л. Г. Соколова» ФМБА России, 194291, РОССИЯ, САНКТ-ПЕТЕРБУРГ, пр. Культуры, д. 4, лит. А; доцент кафедры факультетской хирургии, ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет», 199034, РОССИЯ, САНКТ-ПЕТЕРБУРГ, Университетская наб., д. 7–9, e-mail: asvetlikov@mail.ru, ORCID 0000-0001-8652-8778
20. Суворова Юлия Владимировна, д. м. н., заведующая отделением рентген-хирургических методов диагностики и лечения, ФГБУ «Северо-Западный окружной научно-клинический центр имени Л. Г. Соколова» ФМБА России, 194291, РОССИЯ, САНКТ-ПЕТЕРБУРГ, пр. Культуры, д. 4, лит. А, тел. +7 (921) 744-57-96, e-mail: juliavsuvorova@mail.ru
21. Тишков Артем Валерьевич, к. ф.-м. н., доцент, заведующий кафедрой физики, математики и информатики, ФГБОУ ВО «Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет имени академика И. П. Павлова» Минздрава России, 197022, РОССИЯ, САНКТ-ПЕТЕРБУРГ, ул. Льва Толстого, д. 6–8, e-mail: artem.tishkov@gmail.com, ORCID 0000-0002-4282-8717
22. Труфанов Геннадий Евгеньевич, д. м. н., профессор, главный научный сотрудник научно-исследовательского отдела лучевой диагностики, заведующий кафедрой лучевой диагностики и медицинской визуализации, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр имени В. А. Алмазова» Минздрава России, 197341, РОССИЯ, САНКТ-ПЕТЕРБУРГ, ул. Аккуратова, д. 2, e-mail: trufanovge@mail.ru, ORCID 0000-0002-1611-5000, SPIN-код 3139-3581
23. Фуфаев Евгений Евгеньевич, врач-хирург, заместитель начальника кафедры госпитальной хирургии, ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова» Минобороны России, 194044, РОССИЯ, САНКТ-ПЕТЕРБУРГ, ул. Академика Лебедева, д. 6Ж, тел. +7 (921) 321-58-85, e-mail: djekk77@mail.ru
24. Хардигов Игорь Евгеньевич, сердечно-сосудистый хирург, ФГБУ «Северо-Западный окружной научно-клинический центр имени Л. Г. Соколова» ФМБА России, 194291, РОССИЯ, САНКТ-ПЕТЕРБУРГ, пр. Культуры, д. 4, лит. А, e-mail: malegic1@yandex.ru, ORCID 0000-0001-6539-3771
25. Хубулава Геннадий Григорьевич, д. м. н., профессор, академик РАН, заведующий кафедрой и клиникой хирургии (усовершенствования врачей) № 1, ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова» Минобороны России, 194044, РОССИЯ, САНКТ-ПЕТЕРБУРГ, ул. Академика Лебедева, д. 6Ж, e-mail: as015@rambler.ru
26. Художникова Ольга Олеговна, к. э. н., Университет Валенсии, 46010, ИСПАНИЯ, ВАЛЕНСИЯ, пр. Бласко Ибаньеса, д. 13, e-mail: okhudozhnikova@mail.ru
27. Шаповалов Александр Сергеевич, сердечно-сосудистый хирург, ФГБУ «Северо-Западный окружной научно-клинический центр имени Л. Г. Соколова» ФМБА России, 194291, РОССИЯ, САНКТ-ПЕТЕРБУРГ, пр. Культуры, д. 4, лит. А, e-mail: shapo@inbox.ru, ORCID 0000-0001-9376-9780
28. Яблонский Павел Петрович, к. м. н., доцент, ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет», 199034, РОССИЯ, САНКТ-ПЕТЕРБУРГ, Университетская наб., д. 7–9, e-mail: pavel.yablonski@gmail.com, ORCID 0000-0002-0192-1931

DATA ON AUTHORS

1. Baev M. S., physician of the Magnetic Resonance Department, National Medical Research Center named after V. A. Almazov of the Ministry of Health of Russia, dom 2, ulitsa Akkuratova, SANKT PETERSBURG, RUSSIA, 197341, +7 (921) 389-10-95, e-mail: mikael.baev@mail.ru, ORCID 0000-0002-7224-6005, SPIN-code 6723-6350
2. Bozhok A. A., MD, Professor of the Department of Plastic and Reconstructive Surgery, Professor of the Department of Oncology, Pediatric Oncology and Radiation Therapy, State Pediatric Medical University of the Ministry of Health of Russia, dom 2YA, Litovskaya ulitsa, SANKT PETERSBURG, RUSSIA, 194100; Chief of the Breast Cancer Unit, North-West District Research Clinical Center named after L. G. Sokolov of the Federal Medical-Biological Agency, liter A, dom 4, pr. Kultury, SANKT PETERSBURG, RUSSIA, 194291, e-mail: allabozhok@mail.ru, ORCID 0000-0002-1187-7989
3. Brednev A. O., Surgeon, Head of the Department of the Medical Support Coordination Center, Military Medical Academy named after S. M. Kirov of the Ministry of Defense of Russia, dom 6ZH, ulitsa Akademika Lebedeva, SANKT PETERSBURG, RUSSIA, 194044, +7 (911) 969-28-06, e-mail: antonbrednev@mail.ru
4. Dmitrochenko I. V., surgeon, Senior Resident of the Surgical Department of the Clinic (Department) of Hospital Surgery, Military Medical Academy named after S. M. Kirov of the Ministry of Defense of Russia, dom 6ZH, ulitsa Akademika Lebedeva, SANKT PETERSBURG, RUSSIA, 194044, +7 (911) 911-01-77, e-mail: dmitrochenkoiv@yandex.ru
5. Dzidzava I. I., surgeon, Head of the Department of Hospital Surgery, Military Medical Academy named after S. M. Kirov of the Ministry of Defense of Russia, dom 6ZH, ulitsa Akademika Lebedeva, SANKT PETERSBURG, RUSSIA, 194044, +7 (911) 247-39-23, e-mail: dzidzava@mail.ru
6. Fufaev E. E., surgeon, Deputy Head of the Department of Hospital Surgery, Military Medical Academy named after S. M. Kirov of the Ministry of Defense of Russia, dom 6ZH, ulitsa Akademika Lebedeva, SANKT PETERSBURG, RUSSIA, 194044, +7 (921) 321-58-85, e-mail: djekk77@mail.ru
7. Galkin P. A., cardiovascular surgeon, North-West District Research Clinical Center named after L. G. Sokolov of the Federal Medical-Biological Agency, liter A, dom 4, pr. Kultury, SANKT PETERSBURG, RUSSIA, 194291, e-mail: galkinpavel09@mail.ru, ORCID 0000-0002-6512-6347
8. Gamzatov T. Kh., PhD, cardiovascular surgeon, North-West District Research Clinical Center named after L. G. Sokolov of the Federal Medical-Biological Agency, liter A, dom 4, pr. Kultury, SANKT PETERSBURG, RUSSIA, 194291, e-mail: tgamzatov@mail.ru, ORCID 0000-0003-3251-7103
9. Grishchenkov A. S., PhD, Associate Professor of the Department of Radiation Diagnostics and Medical Imaging, National Medical Research Center named after V. A. Almazov of the Ministry of Health of Russia, dom 2, ulitsa Akkuratova, SANKT PETERSBURG, RUSSIA, 197341; North-West District Research Clinical Center named after L. G. Sokolov of the Federal Medical-Biological Agency, liter A, dom 4, pr. Kultury, SANKT PETERSBURG, RUSSIA, 194291, +7 (911) 149-99-13, e-mail: gasradiology@mail.ru, ORCID 0000-0003-0910-6904, SPIN-code 5654-0112
10. Gurevich V. S., MD, Professor, Head of the Atherosclerosis Department, Scientific-Clinical and Educational Centre "Cardiology", Saint Petersburg State University, dom 7–9, Universitetskaya naberezhnaya, SANKT PETERSBURG, RUSSIA, 199034; Professor of the Department of Hospital Therapy and Cardiology, North-West State Medical University named after I. I. Mechnikov of the Ministry of Health of Russia, dom 47, Piskarevskii pr., SANKT PETERSBURG, RUSSIA, 195067; Head of the Center for Atherosclerosis and Lipid Metabolism Disorders, North-West District Research Clinical Center named after L. G. Sokolov of the Federal Medical-Biological Agency, liter A, dom 4, pr. Kultury, SANKT PETERSBURG, RUSSIA, 194291, e-mail: ater@med122.com, ORCID 0000-0002-6815-444X
11. Kashchenko V. A., MD, Professor, Head of the Department of Faculty Surgery, Saint Petersburg State University, dom 7–9, Universitetskaya naberezhnaya, SANKT PETERSBURG, RUSSIA, 199034, e-mail: surg122@yandex.ru, ORCID 0000-0002-4958-5850
12. Kebryakov A. V., cardiovascular surgeon, North-West District Research Clinical Center named after L. G. Sokolov of the Federal Medical-Biological Agency, liter A, dom 4, pr. Kultury, SANKT PETERSBURG, RUSSIA, 194291, e-mail: kebriakov@gmail.com, ORCID 0000-0002-8307-3453
13. Khardikov I. E., cardiovascular surgeon, North-West District Research Clinical Center named after L. G. Sokolov of the Federal Medical-Biological Agency, liter A, dom 4, pr. Kultury, SANKT PETERSBURG, RUSSIA, 194291, e-mail: malegic1@yandex.ru, ORCID 0000-0001-6539-3771
14. Khubulava G. G., MD, Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Head of the Department and Clinic of Surgery (Improvements of Doctors) N 1, Military Medical Academy named after S. M. Kirov of the Ministry of Defense of Russia, dom 6ZH, ulitsa Akademika Lebedeva, SANKT PETERSBURG, RUSSIA, 194044, e-mail: as015@rambler.ru

15. Khudozhnikova O. O., PhD of Economic Sci., University of Valencia, dom 13, pr. Blasco Ibanez, VALENCIA, SPAIN, 46010, e-mail: okhudozhnikova@mail.ru
16. Kulakova A. L., student, First Saint Petersburg State Medical University named after Academician I. P. Pavlov of the Ministry of Health of Russia, dom 6–8, ulitsa L'va Tolstogo, SANKT PETERSBURG, RUSSIA, 197022, e-mail: nastay2711.ua@yandex.ru, ORCID 0009-0005-2410-5522
17. Lukin S. V., cardiovascular surgeon, North-West District Research Clinical Center named after L. G. Sokolov of the Federal Medical-Biological Agency, liter A, dom 4, pr. Kultury, SANKT PETERSBURG, RUSSIA, 194291, e-mail: surg122@yandex.ru, ORCID 0000-0003-1843-8556
18. Manelov A. E., North-West State Medical University named after I. I. Mechnikov of the Ministry of Health of Russia, dom 41, ulitsa Kirochnaya, SANKT PETERSBURG, RUSSIA, 191015, e-mail: manelovv5@gmail.com, ORCID 0009-0009-7892-4768
19. Margaryants N. B., PhD of Engineering Sci., Associate Professor of the Department of Physics, Mathematics and Informatics, First Saint Petersburg State Medical University named after Academician I. P. Pavlov of the Ministry of Health of Russia, dom 6–8, ulitsa L'va Tolstogo, SANKT PETERSBURG, RUSSIA, 197022, e-mail: margaryancnb@spbgmu.ru, ORCID 0000-0002-3767-3618
20. Melnikov V. M., PhD, cardiovascular surgeon, North-West District Research Clinical Center named after L. G. Sokolov of the Federal Medical-Biological Agency, liter A, dom 4, pr. Kultury, SANKT PETERSBURG, RUSSIA, 194291, e-mail: victorsurgdoc@gmail.com, ORCID 0000-0003-2153-7256
21. Ratnikov V. A., MD, Professor of the Scientific, Clinical and Educational Center "Radiation Diagnostics and Nuclear Medicine" of the Institute of High Medical Technologies, Saint Petersburg State University, dom 7–9, Universitetskaya naberezhnaya, SANKT PETERSBURG, RUSSIA, 199034; Acting Director General, Federal Scientific and Clinical Center for Infectious Diseases of the Federal Medical-Biological Agency, dom 9, ulitsa Professora Popova, SANKT PETERSBURG, RUSSIA, 197022, e-mail: dr.ratnikov@mail.ru, ORCID 0000-0002-9645-8408, SPIN-code 4110-0454, Author ID 419179
22. Ryzhkov A. V., Head of the Magnetic Resonance Department, National Medical Research Center named after V. A. Almazov of the Ministry of Health of Russia, dom 2, ulitsa Akkuratova, SANKT PETERSBURG, RUSSIA, 197341, e-mail: abanderos83@mail.ru, ORCID 0000-0001-5226-1104, SPIN-code 6745-3075
23. Shapovalov A. S., cardiovascular surgeon, North-West District Research Clinical Center named after L. G. Sokolov of the Federal Medical-Biological Agency, liter A, dom 4, pr. Kultury, SANKT PETERSBURG, RUSSIA, 194291, e-mail: shapo@inbox.ru, ORCID 0000-0001-9376-9780
24. Suvorova Yu. V., MD, Head of the Department of X-ray Surgical Methods of Diagnostics and Treatment, North-West District Research Clinical Center named after L. G. Sokolov of the Federal Medical-Biological Agency, liter A, dom 4, pr. Kultury, SANKT PETERSBURG, RUSSIA, 194291, +7 (921) 744-57-96, e-mail: juliavsuvorova@mail.ru
25. Svetlikov A. V., MD, Head of the Department of Vascular and Endovascular surgery, North-West District Research Clinical Center named after L. G. Sokolov of the Federal Medical-Biological Agency, liter A, dom 4, pr. Kultury, SANKT PETERSBURG, RUSSIA, 194291; Associate Professor of the Department of Faculty Surgery, Saint Petersburg State University, dom 7–9, Universitetskaya naberezhnaya, SANKT PETERSBURG, RUSSIA, 199034, e-mail: asvetlikov@mail.ru, ORCID 0000-0001-8652-8778
26. Tishkov A. V., PhD of Phys.-Math. Sci., Associate Professor, Head of the Department of Physics, Mathematics and Informatics, First Saint Petersburg State Medical University named after Academician I. P. Pavlov of the Ministry of Health of Russia, dom 6–8, ulitsa L'va Tolstogo, SANKT PETERSBURG, RUSSIA, 197022, e-mail: artem.tishkov@gmail.com, ORCID 0000-0002-4282-8717
27. Trufanov G. E., MD, Professor, Chief Researcher of the Research Department of Radiation Diagnostics, Head of the Department of Radiation Diagnostics and Medical Imaging, National Medical Research Center named after V. A. Almazov of the Ministry of Health of Russia, dom 2, ulitsa Akkuratova, SANKT PETERSBURG, RUSSIA, 197341, e-mail: trufanovge@mail.ru, ORCID 0000-0002-1611-5000, SPIN-code 3139-3581
28. Yablonskii P. P., PhD, Associate Professor, Saint Petersburg State University, dom 7–9, Universitetskaya naberezhnaya, SANKT PETERSBURG, RUSSIA, 199034, e-mail: pavel.yablonski@gmail.com, ORCID 0000-0002-0192-1931

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

Журнал «Клиническая больница» ФГБУ «Северо-Западный окружной научно-клинический центр имени Л. Г. Соколова» ФМБА России выпускается ежеквартально.

В журнал принимаются статьи и сообщения по наиболее значимым вопросам научной и научно-практической, лечебно-профилактической и клинической, а также учебной и учебно-методической работы.

Работы для опубликования в журнале должны быть представлены в соответствии со следующими требованиями:

1. Статья должна быть напечатана на одной стороне листа формата А4, с полуторным интервалом между строчками, со стандартными полями (слева – 3 см, справа – 1 см, сверху и снизу – 2,5 см), с нумерацией страниц (сверху в центре, первая страница без номера). Текст необходимо печатать в редакторе Word версии до 2003 включительно шрифтом Times New Roman, 14 кеглем, без переносов.

2. Объем обзорных статей не должен превышать 20 страниц печатного текста, оригинальных исследований, исторических статей – 10 страниц, включая список литературы.

3. Присылать следует 1 распечатанный экземпляр, подписанный на титульном листе всеми авторами с указанием даты, и электронный вариант на электронном носителе. В начале первой страницы указываются инициалы и фамилии авторов, название статьи, наименование учреждения*, где выполнена работа (на русском и английском языках), краткие сведения об авторах, а также должность, телефонный номер и электронный адрес автора, ответственного за связь с редакцией.

4. Первая страница должна содержать реферат на русском и английском языках (объемом не более 100 слов). В реферате должны быть изложены основные результаты, новые и важные аспекты исследования или наблюдений. Реферат не должен содержать аббревиатур. Далее должны быть приведены ключевые слова на русском и английском языках (не более 10 слов).

5. Текст статьи должен быть тщательно выверен и не должен содержать смысловых, орфографических, пунктуационных и стилистических ошибок.

6. Особенно тщательно следует описывать материалы и методы исследования, точно указывать названия использованных реактивов, фирму-изготовителя и страну происхождения.

7. Недопустимо использовать в статье фамилии, инициалы больных или номера историй болезни, особенно на рисунках или фотографиях.

8. При изложении экспериментов на животных укажите, соответствовало ли содержание и использование лабораторных животных правилам, принятым в учреждении, рекомендациям национального совета по исследованиям, национальным законам.

9. Все иллюстрации должны быть предоставлены отдельными файлами в CMYK-модели, в формате TIFF либо EPS (без использования JPG-компрессии) с разрешением не меньше 300 dpi в масштабе 1:1. Название приложенного файла должно соответствовать порядку нумерации рисунка в тексте. Подписи к иллюстрациям должны быть размещены в основном тексте. На каждый рисунок, диаграмму или таблицу в тексте обязательно должна быть ссылка. В подписях к микрофотографиям, электронным микрофотографиям обязательно следует указывать метод окраски и обозначать масштабный отрезок. Диаграммы должны быть выполнены в программе Excel и приложены отдельным файлом.

10. Библиографические ссылки в тексте должны даваться цифрами в квадратных скобках и соответствовать списку литературы в конце статьи. В начале списка в алфавитном порядке указываются отечественные авторы, затем – зарубежные, также в алфавитном порядке. Общий объем ссылок – не более 15.

11. Библиографическое описание литературных источников должно соответствовать требованиям ГОСТ Р 7.0-100-2018 «Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления», ГОСТ 7.0.5-2008 «Библиографическая ссылка. Общие требования к правилам составления».

12. Не принимаются работы, ранее опубликованные в других изданиях.

13. Редакция имеет право требовать от авторов уточнений, изменений, а также сокращения объема материала.

14. Материалы, оформленные не в соответствии с правилами, к публикации не принимаются.

15. Присланные материалы по усмотрению редколлегии направляются для рецензирования членам редакционного совета.

Примечание

* – Указывается полное название организации, учреждения, как в учредительных документах.

