

Серии научно-практических рецензируемых журналов



Медицинский алфавит

№ 20 / 2022



Modern Functional
DIAGNOSTICS

MEDICAL ALPHABET
Russian Professional Medical Journal

Современная
ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ
ДИАГНОСТИКА (3)

РАСФД



www.medalfavit.ru
www.med-alphabet.com

Научный сайт журнала

www.med-alpha-bet.com

Медицинский портал издательства

www.medalfavit.ru

Издательство медицинской литературы

ООО «Альфамед»

+7 (495) 616-48-00

medalfavit@mail.ru

Россия, 129515, Москва, а/я 94

**Учредитель и главный редактор
издательства**

Татьяна Владимировна Синецкая

Адрес редакцииМосква, ул. Академика Королева, 13,
стр. 1, оф. 720**Главный редактор журнала**Сергей Сергеевич Петриков, д.м.н., проф.,
член-корр. РАН, директор ГБУЗ «НИИ СП им.
Н.В. Склифосовского ДЗМ»**Руководитель проекта «Современная
функциональная диагностика»**

Sfd.ma@list.ru

Технический редактор

Александр Сергеевич Савельев

**Руководитель отдела продвижения,
распространения и выставочной
деятельности**

Борис Борисович Будович

medalfavit_pr@mail.ru

Журнал включен в Перечень ВАК.

Публикуемые материалы могут

не отражать точку зрения редакции.

Исключительные (имущественные)

права с момента получения

материалов принадлежат редакции

журнала «Медицинский алфавит».

Любое воспроизведение материалов

и иллюстраций допускается

с письменного разрешения издателя

и указанием ссылки на журнал.

Редакция не несет ответственности

за содержание рекламных материалов.

К публикации принимаются статьи,

подготовленные в соответствии

с правилами редакции.

За точность сведений об авторах,

правильность цитат и библиографических

данных ответственность несут авторы.

В научной электронной библиотеке

elibrary.ru доступны полные тексты статей.

Каждой статье присвоен идентификатор

цифрового объекта DOI.

Журнал зарегистрирован Министерством

РФ по делам печати, телерадиовещания

и средств массовых коммуникаций.

Свидетельство о регистрации средства

массовой информации

ПИ № 77-11514 от 04.01.2002.

Подписка: на портале

www.medalfavit.ru, podpiska.ma@mail.ru,

«Почта России», «Урал-Пресс» индекс

014517.

Периодичность: 40 номеров в год.**Подписано в печать** 30.09.2022.

Формат А4. Цена договорная.

© Медицинский алфавит, 2022

Содержание

- 8 **О деятельности отделений и кабинетов функциональной диагностики**
Н. Ф. Берестень, К. Э. Соболев, Е. П. Какорина
- 16 **Новые международные рекомендации по интерпретации легочных функциональных тестов (Часть 1)**
М. Ю. Каменева
- 24 **Взаимосвязь параметров деформации левого предсердия с рецидивом фибрилляции предсердий после кардиоверсии**
И. А. Аришинова, М. Г. Полтавская, В. П. Седов, А. А. Богданова, А. Ю. Суворов, А. Ю. Кучина
- 29 **Анализ динамики суточной вариабельности синусового ритма по данным Холтеровского мониторирования для оценки эффективности лечения больных легочной гипертензией**
Н. Х. Курбонбекова, А. В. Соболев, Е. Ш. Кожмякина, Т. М. Мартынюк, А. М. Каспарова
- 36 **Стресс-индуцированная легочная гипертензия: определение и диагностика**
Т. В. Найден, С. Ю. Бартош-Зеленая, В. Н. Федорев
- 43 **Особенности атеросклероза сонных артерий у пациентов старческого возраста с острым коронарным синдромом**
А. А. Сагателян, Е. В. Константинова, А. А. Богданова, А. В. Свет, Е. С. Першина, М. Ю. Гиляров
- 48 **Ультразвуковое исследование периферических нервов у пациентов с боковым амиотрофическим склерозом**
Е. С. Дружинина, Д. С. Дружинин
- 52 **Современные методы оценки функционального состояния бронхолегочной системы у детей (Часть 1. Методики, основанные на изучении спокойного (нефорсированного) дыхания у детей)**
С. Э. Дьякова, Е. А. Орлова, Ю. Б. Ключина, Т. В. Кудинова
- 62 **Кризис количественной электроэнцефалографии. Кризис ли?**
М. В. Синкин, Е. П. Богданова, О. Д. Ельшина
- 65 **Подписка**

Журнал «Медицинский алфавит» включен в перечень научных рецензируемых изданий, рекомендуемых Высшей аттестационной комиссией Минобрнауки России для опубликования основных научных результатов диссертаций на соискание ученых степеней кандидата и доктора наук по специальностям:

- 14.01.06 Психиатрия (медицинские науки);
14.03.09 Клиническая иммунология, аллергология (медицинские науки);
14.01.13 Лучевая диагностика, лучевая терапия (медицинские науки);
14.01.28 Гастроэнтерология (медицинские науки);
3.1.4 Акушерство и гинекология (медицинские науки);
3.1.6 Онкология, лучевая терапия (медицинские науки);
3.1.7 Стоматология (медицинские науки);
3.1.9 Хирургия (медицинские науки);
3.1.18 Внутренние болезни (медицинские науки);
3.1.20 Кардиология (медицинские науки);
3.1.23 Дерматовенерология (медицинские науки);
3.1.24 Неврология (медицинские науки);
3.1.27 Ревматология (медицинские науки);
3.1.29 Пульмонология (медицинские науки);
3.2.1 Гигиена (медицинские науки);
3.2.2 Эпидемиология (медицинские науки);

- 3.3.8 Клиническая лабораторная диагностика (медицинские науки);
3.1.2 Челюстно-лицевая хирургия (медицинские науки);
3.1.17 Психиатрия и наркология (медицинские науки);
3.1.19 Эндокринология (медицинские науки);
3.1.21 Педиатрия (медицинские науки);
3.1.22 Инфекционные болезни (медицинские науки);
3.1.25 Лучевая диагностика (медицинские науки);
3.1.30 Гастроэнтерология и диетология (медицинские науки);
3.1.33 Восстановительная медицина, спортивная медицина, лечебная физкультура, курортология и физиотерапия (медицинские науки).

В связи с продвижением контента журнала в международном научном сообществе и расширением его индексирования в наукометрических базах данных Scopus, Research4Life, WorldCat, Crossref и т. п., просим оформлять ссылки для цитирования строго по образцу.

Образец цитирования: Остроумова О. Д., Алятдинова И. А., Остроумова Т. М., Ебзеева Е. Ю., Павлечева Е. Е. Выбор оптимальной стратегии церебропротекции у полиморбидного пациента, перенесшего инсульт. Медицинский алфавит. 2020 (2): 15–19. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2020-2-15-19>

Journal's Website

www.med-alphabet.com

Publishing House's Website

www.medalfavit.ru

Founder and Editor-in-Chief

Tatyana Sinitska

Alfmed Publishing

+7 (495) 616-48-00, +7 (495) 116-17-70

medalfavit@mail.ru

Box 94, Moscow, 129515, Russia

Editorial Office

Office 720, Bldg. 1, 13 Academician

Korolev Str., Moscow, Russia

Editor-in-Chief

Sergey S. Petricov,

Corr. Member of RAS, Dr. of Sci. (Med.),

Prof.

'Morden Functional

Diagnostics'

Project Manager

Sfd.ma@list.ru

Technical Editor

Alexander Savelyev

Promotion and Distribution

Boris Budovich

medalfavit_pr@mail.ru

The Medical Alphabet is included into the list of scientific peer-reviewed periodicals recommended by the Higher Attestation Commission of the Ministry of Education and Science of Russia for publishing scientific results of dissertations for the degree of Candidate and Doctor of Sciences.

Authors' materials do not necessarily reflect the opinion of the Editorial Office. All exclusive (property) rights on materials printed belong to the Editorial Office from the time of their receipt. Any reproduction of materials is allowed with a reference to the Medical Alphabet after a written permission of the publisher.

The Editorial Office is not responsible for the content of ads.

Only articles prepared in accordance with the Editorial Office's rules are accepted for publication. Authors are responsible for the accuracy of information, the correctness of citations and bibliographic data.

The full texts of our articles are available at elibrary.ru. DOI is assigned to each article. Registered at the Federal Service for Supervision of Mass Media, Telecommunications, and Protection of Cultural Heritage. Registration ПИ № 77-11514 of 4.01.2002.

Frequency of publication:

40 issues per year.

Subscription: podpiska.ma@mail.ru

Free price.

Signed for press: 30 September 2022.

© 2022 Medical Alphabet

Contents

- 8 *Analysis of the results of the work of departments and offices of functional diagnostics*
N. F. Beresten, K. E. Sobolev, E. P. Kakorina
- 16 *New international technical standard on interpretive strategies for lung function tests (Part 1)*
M. Yu. Kameneva
- 24 *Correlation of left atrial strain with the recurrence of atrial fibrillation after cardioversion*
I. A. Arshinova, M. G. Poltavskaya, V. P. Sedov,
A. A. Bogdanova, A. Y. Suvorov, A. Y. Kuchina
- 29 *Analysis of the dynamics of the daily variability of the sinus rhythm according to Holter monitoring to assess the effectiveness of treatment of patients with pulmonary hypertension*
N. Kh. Qurbonbekova, A. V. Sobolev, E. Sh. Kozhemyakina,
A. M. Kasparova, T. V. Martynyuk
- 36 *Stress-induced pulmonary hypertension: definition and diagnosis*
T. V. Naiden, S. Yu. Bartosh-Zelenaya, V. N. Fedoretz
- 43 *Features of Atherosclerosis of the Carotid Arteries in Elderly patients with Acute Coronary Syndrome*
A. A. Sagatelyan, E. V. Konstantinova, A. A. Bogdanova,
A. V. Svet, E. S. Pershina, M. Yu. Gilyarov
- 48 *Peripheral nerve ultrasound in ALS patients*
E. S. Druzhinina, D. S. Druzhinin
- 52 *Modern functional diagnostics methods for the respiratory system in children (Part 1. Methods based on the study of tidal breathing in children)*
S. E. Dyakova, E. A. Orlova, Y. B. Klyukhina, T. V. Kudina
- 62 *The crisis of quantitative electroencephalography. Is it a crisis?*
M. V. Sinkin., E. P. Bogdanova, O. D. Elshina
- 65 *Subscription*

The Medical Alphabet is included into the list of scientific peer-reviewed periodicals recommended by the Higher Attestation Commission of the Ministry of Education and Science of Russia for publishing scientific results of dissertations for the degree of PhD and Doctor of Sciences in the following specialties:

- 14.01.06 Psychiatry (Medical sciences);
- 14.03.09 Clinical Immunology, Allergology (Medical sciences);
- 14.01.13 Radiation Diagnostics, Radiation Therapy (Medical sciences);
- 14.01.28 Gastroenterology (Medical sciences);
- 3.1.4 Obstetrics and Gynecology (Medical sciences);
- 3.1.6 Oncology, radiation therapy (Medical sciences);
- 3.1.7 Dentistry (Medical sciences);
- 3.1.9 Surgery (Medical sciences);
- 3.1.18 Internal medicine (Medical sciences);
- 3.1.20 Cardiology (Medical sciences);
- 3.1.23 Dermatovenereology (Medical sciences);
- 3.1.24 Neurology (Medical sciences);
- 3.1.27 Rheumatology (Medical sciences);
- 3.1.29 Pulmonology (Medical sciences);
- 3.2.1 Hygiene (Medical sciences);
- 3.2.2 Epidemiology (Medical sciences);

- 3.3.8 Clinical Laboratory Diagnostics (Medical sciences);
- 3.1.2 Oral and Maxillofacial Surgery (Medical sciences);
- 3.1.17 Psychiatry and Narcology (Medical sciences);
- 3.1.19 Endocrinology (Medical sciences);
- 3.1.21 Pediatrics (Medical sciences);
- 3.1.22 Infectious Diseases (Medical sciences);
- 3.1.25 Radiation Diagnostics (Medical sciences);
- 3.1.30 Gastroenterology and Dietology (Medical sciences);
- 3.1.33 Rehabilitation Medicine, Sports Medicine, Exercise Therapy, Balneology and Physiotherapy (Medical sciences).

Due to promotion of the journal's content in the international scientific community and indexing it in scientific databases i. e., Scopus, Research4Life, WorldCat, Crossref, etc., we ask authors to provide links for citations according to the sample.

Citation sample: Ostroumova O. D., Alyautdinova I. A., Ostroumova T. M., Ebzeeva E. Yu., Pavleeva E. E. Choosing the optimal strategy for cerebroprotection in a polymorbid stroke patient. Medical alphabet. 2020 (2): 15–19. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2020-2-15-19>

Главный редактор журнала

Сергей Сергеевич Петриков, д.м.н., проф., член-корр РАН,
директор ГБУЗ «НИИ СП им. Н.В. Склифосовского ДЗМ»

Редакционный совет журнала

Акимкин Василий Геннадьевич («Эпидемиология и гигиена»), д.м.н., проф., акад. РАН, директор ФБУН «ЦНИИ эпидемиологии» Роспотребнадзора (Москва)

Артамонова Елена Владимировна («Диагностика и онкотерапия»), д.м.н., проф. НИИ клинической онкологии ФГБУ «НМИЦ онкологии им. Н.Н. Блохина» Минздрава РФ (Москва)

Бабаева Аида Руфатовна («Ревматология»), д.м.н., проф., кафедра факультетской терапии ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный медицинский университет» Минздрава РФ (Волгоград)

Балан Вера Ефимовна («Современная гинекология»), д.м.н., проф., вице-президент Российской ассоциации по менопаузе, ГБУЗ МО «Московский областной НИИ акушерства и гинекологии» (Москва)

Барбараш Ольга Леонидовна («Коморбидные состояния»), д.м.н., проф., ФГБНУ «НИИ комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний» (Кемерово)

Берестень Наталья Федоровна («Современная функциональная диагностика»), д.м.н., проф., кафедра клинической физиологии и функциональной диагностики Академического образовательного центра фундаментальной и трансляционной медицины ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава РФ (Москва)

Голубев Валерий Леонидович («Неврология и психиатрия»), д.м.н., проф., кафедра нервных болезней ФППОВ ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова» Минздрава РФ (Москва)

Евдокимов Евгений Александрович («Неотложная медицина»), д.м.н., проф., ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава РФ (Москва)

Круглова Лариса Сергеевна («Дерматология»), д.м.н., проф., ФГБУ ДПО «Центральная государственная медицинская академия» Управления делами Президента РФ (Москва)

Кузнецова Ирина Всеволодовна («Современная гинекология»), д.м.н., проф., кафедра акушерства и гинекологии № 1 лечебного факультета ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова» Минздрава РФ (Москва)

Кулаков Анатолий Алексеевич («Стоматология»), д.м.н., проф., акад. РАН, отделение клинической и экспериментальной имплантологии ФГБУ НМИЦ «ЦНИИ стоматологии и челюстно-лицевой хирургии» Минздрава РФ (Москва)

Минушкин Олег Николаевич («Практическая гастроэнтерология»), д.м.н., проф., зав. кафедрой терапии и гастроэнтерологии Центральной государственной медицинской академии (ЦГМА) (Москва)

Орлова Наталья Васильевна («Современная поликлиника»), д.м.н., проф., кафедра поликлинической терапии лечебного факультета ФГАОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова» Минздрава РФ (Москва)

Остроумова Ольга Дмитриевна, д.м.н., проф., зав. кафедрой терапии и полиморбидной патологии ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава РФ (Москва)

Падюков Леонид Николаевич, проф. отделения ревматологии медицинского отдела Каролинского института (г. Стокгольм, Швеция)

Сандриков Валерий Александрович, акад. РАН, ФГБНУ «Российский научный центр хирургии им. акад. Б.В. Петровского» (Москва)

Щербо Сергей Николаевич («Современная лаборатория»), д.м.н., проф., ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов» (Москва)

Редакционная коллегия серии «Современная функциональная диагностика»

Главный редактор серии «Современная функциональная диагностика»

Берестень Наталья Федоровна, д.м.н., проф., президент РАСФД, (Москва)

Заместители главного редактора

Стручков Петр Владимирович, д.м.н., проф. (Москва)

Дроздов Дмитрий Владимирович, к.м.н., с.н.с. (Москва)

Александров Михаил Всеволодович, д.м.н., проф. (г. Санкт-Петербург)

Алехин Михаил Николаевич, д.м.н., проф. (Москва)

Бартош-Зеленая Светлана Юрьевна, д.м.н., проф. (г. Санкт-Петербург)

Зильбер Эльмира Курбановна, д.м.н., проф. (г. Калининград)

Иванов Лев Борисович, к.м.н. (Москва)

Каменева Марина Юрьевна, д.м.н. (г. Санкт-Петербург)

Кочмашева Валентина Викторовна, д.м.н. (г. Екатеринбург)

Куликов Владимир Павлович, д.м.н., проф. (г. Барнаул)

Лукина Ольга Федоровна, д.м.н., проф. (Москва)

Макаров Леонид Михайлович, д.м.н., проф. (Москва)

Нарциссова Галина Петровна, д.м.н. (г. Новосибирск)

Новиков Владимир Игоревич, д.м.н., проф. (г. Санкт-Петербург)

Павлов Владимир Иванович, д.м.н. (Москва)

Павлюкова Елена Николаевна, д.м.н., проф. (г. Томск)

Пронина Виктория Петровна, к.м.н., ст.н.с. (Москва)

Рогоза Анатолий Николаевич, д.б.н., проф. (Москва)

Савенков Михаил Петрович, д.м.н., проф. (Москва)

Сандриков Валерий Александрович, д.м.н., проф., академик РАН (Москва)

Седов Всеволод Парисович, д.м.н., проф. (Москва)

Селицкий Геннадий Вацлавович, д.м.н., проф. (Москва)

Ткаченко Сергей Борисович, д.м.н., проф. (Москва)

Терегулов Юрий Эмильевич, д.м.н. (г. Казань)

Тривоженко Александр Борисович, д.м.н. (г. Томск)

Федорова Светлана Ивановна, к.м.н., проф. (Москва)

Шнайдер Наталья Алексеевна, д.м.н., проф. (Москва)

Editor-in-Chief

Petricov S.S., MD, professor, director of Research Institute of Emergency Care n.a. N.V. Sklifosovsky (Moscow, Russia)

Editorial Board

Akimkin V.G. (Epidemiology and Hygiene), DM Sci, professor, RAS acad., Central Research Institute of Epidemiology (Moscow, Russia)

Artamonova E.V. (Diagnostics and Oncotherapy), DM Sci, professor, National Medical Research Centre of Oncology n.a. N.N. Blokhin (Moscow, Russia)

Babaeva A.R. (Rheumatology), DM Sci, professor, Volgograd State Medical University (Volgograd, Russia)

Balan V.E. (Modern Gynecology), DM Sci, professor, Vice President of the Russian Menopause Association, Moscow Regional Research Institute for Obstetrics and Gynecology (Moscow, Russia)

Barbarash O.L. (Comorbid Conditions), DM Sci, professor, Research Institute for Complex Problems of Cardiovascular Diseases (Kemerovo, Russia)

Beresten N.F. (Modern Functional Diagnostics), DM Sci, professor, Russian Medical Academy for Continuing Professional Education (Moscow, Russia)

Golubev V.L. (Neurology and Psychiatry), DM Sci, professor, First Moscow State Medical University n.a. I.M. Sechenov (Moscow, Russia)

Evdokimov E.A. (Emergency Medicine), DM Sci, professor, Russian Medical Academy for Continuing Professional Education (Moscow, Russia)

Kruglova L.S. (Dermatology), DM Sci, professor, Central State Medical Academy of the Administrative Department of the President of Russia (Moscow, Russia)

Kuznetsova I.V. (Modern Gynecology), DM Sci, professor, First Moscow State Medical University n.a. I.M. Sechenov (Moscow, Russia)

Kulakov A.A. (Dentistry), DM Sci, professor, RASci corr. member, Central Research Institute of Dental and Maxillofacial Surgery (Moscow, Russia)

Minushkin O.N. (Practical Gastroenterology), DM Sci, professor, Central State Medical Academy of the Administrative Department of the President of Russia (Moscow, Russia)

Orlova N.V. (Modern Polyclinic), DM Sci, professor, Russian National Research Medical University n.a. N.I. Pirogov (Moscow, Russia)

Ostroumova O.D., DM Sci, professor, Russian Medical Academy for Continuing Professional Education (Moscow, Russia)

Padyukov L.N., professor, Karolinska Institute (Stockholm, Sweden)

Sandrikov V.A., RASci acad., Russian Scientific Centre for Surgery n.a. acad. B.V. Petrovsky (Moscow, Russia)

Scherbo S.N. (Modern Laboratory), DM Sci, professor, Peoples' Friendship University of Russia (Moscow, Russia)

Editorial board of the series 'Modern functional diagnostics'

Editor-in-chief of the series 'Modern functional diagnostics'

Beresten N.F., MD, DMSci, professor, President of RASFD (Moscow)

Deputy editors-in-chief

Struchkov P.V., MD, DMSci, professor (Moscow)

Drozdov D.V., MD Ph.D. (Moscow)

Aleksandrov M.V., MD, DMSci, professor (St. Petersburg)

Alekhin M.N., MD, DMSci, professor (Moscow)

Bartosh-Zelenaya S. Yu., MD, DMSci, professor (St. Petersburg)

Zilber E.K., MD, DMSci, professor (Kaliningrad)

Ivanov L.B., MD Ph.D. (Moscow)

Kameneva M. Yu., MD, DMSci (St. Petersburg)

Kochmasheva V.V., MD, DMSci (Yekaterinburg)

Kulikov V.P., MD, DMSci, professor (Barnaul)

Lukina O.F., MD, DMSci, professor (Moscow)

Makarov L.M., MD, DMSci, professor (Moscow)

Narcissova G.P., MD, DMSci (Novosibirsk)

Novikov V.I., MD, DMSci, professor (St. Petersburg)

Pavlov V.I., MD, DMSci (Moscow)

Pavlyukova E.N., MD, DMSci, professor (Tomsk)

Pronina V.P., MD Ph.D. (Moscow)

Rogoza A.N., Dr. Sci.Biol., professor (Moscow)

Savenkov M.P., MD, DMSci, professor (Moscow)

Sandrikov V.A., MD, DMSci, professor (Moscow)

Sedov V.P., MD, DMSci, professor (Moscow)

Selitsky G.V., MD, DMSci, professor (Moscow)

Tkachenko S.B., MD, DMSci, professor (Moscow)

Teregulov Y.E., MD, DMSci (Kazan)

Trivozhenko A.B., MD, DMSci, professor (Tomsk)

Fedorova S.I., MD Ph.D., prof. (Moscow)

Shneider N.A., MD, DMSci, professor (Moscow)

Форум «Медицинская диагностика — 2022»



24–26 МАЯ в МВЦ «Крокус-Экспо» в рамках ежегодного научно-образовательного Форума «Медицинская диагностика — 2022» состоялась XIV ВСЕРОССИЙСКАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ДИАГНОСТИКА — 2022». Президент Конференции, академик РАН Сандриков В. А. отметил, что главной целью мероприятия по-прежнему остается улучшение качества здравоохранения за счет приобретения специалистами новых знаний. «Очень важно, что основное внимание на Конференции уделяется новым направлениям в диагностике, перспективам развития современных информационных технологий, деловой информации, активизации и внедрению новых методов обследования. Обсуждаемые темы являются актуальными для современного здравоохранения, а также отвечают насущным задачам повышения уровня профессиональных компетенций».

Для участников Конференции выступили ведущие специалисты медицинских учреждений России: ФГБУ «НМИЦ кар-

диологии» Минздрава России, ФГБУ «Национальный медико-хирургический Центр им. Н. И. Пирогова» Минздрава России, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр им. В. А. Алмазова» Минздрава России, ФНКЦ детей и подростков ФМБА России, ФГБНУ «Научный центр неврологии», ФГБОУ ВО Северо-Западный Университет им. И. И. Мечникова, ФГБОУ ВО «Военно-медицинская академия им. С. М. Кирова» Минобороны России и многих других. Всего конференцию посетили 672 участника. XIV Всероссийская научно-практическая конференция «Функциональная диагностика — 2022» получила подтверждение Комиссии по оценке соответствия учебных мероприятий и материалов для Непрерывного медицинского образования (НМО) и соответствует установленным требованиям Координационного совета по развитию непрерывного медицинского и фармацевтического образования Министерства здравоохранения Российской Федерации. Слушатели получили 16 кредитов за три дня работы.



О деятельности отделений и кабинетов функциональной диагностики

Н. Ф. Берестень^{1,2}, К. Э. Соболев², Е. П. Какорина^{2,3}

¹ ФГБОУ ДПО «Российская академия последипломного образования» Минздрава России

² ГБУЗ МО ММ «Московский областной научно-исследовательский клинический институт им. М. Ф. Владимирского»

³ ФГБОУ ВПО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И. М. Сеченова» Министерства здравоохранения Российской Федерации

РЕЗЮМЕ

В Российской Федерации по данным официальной статистики в 2021 году было проведено 154,2 миллиона функциональных исследований, что превысило более чем в 1,5 раза уровень аналогичных исследований в 2011 году — 86,4 миллиона. Представлен анализ исследований по всем направлениям функциональной диагностики. Пандемия «Ковид-19» явилась причиной кратковременного снижения числа исследований в 2020 году, с возвратом к прежним значениям в 2021 году. Отмечено снижение числа сложных исследований сердечно-сосудистой системы с использованием нагрузочного тестирования и комплексных диагностических исследований.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: функциональная диагностика, инструментальная диагностика, электрокардиография, анализ числа исследований.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ. Авторы заявляют об отсутствии потенциального конфликта интересов, требующего раскрытия в данной статье.

Analysis of the results of the work of departments and offices of functional diagnostics

N. F. Beresten^{1,2}, K. E. Sobolev², E. P. Kakorina^{2,3}

¹ Russian Medical Academy of continuing professional education, Moscow, Russia

² Moscow Regional Research and Clinical Institute (MONIKI)

³ First Moscow state Medical University n.a. I. M. Sechenov, Moscow, Russia

SUMMARY

In the Russian Federation, according to official statistics, 154.2 million functional studies were conducted in 2021, which exceeded by more than 1.5 times the level of similar studies in 2011 — 86.4 million. The analysis of studies in all areas of functional diagnostics is presented. The Covid-19 pandemic caused a short-term decline in the number of studies in 2020, with a return to previous values in 2021. There was a decrease in the number of complex studies of the cardiovascular system using stress testing and complex diagnostic studies.

KEY WORDS: functional diagnostic, instrumental diagnostics, electrocardiography, other methods of functional diagnostics

CONFLICT OF INTEREST. The authors declare that they have no conflicts of interest.

Актуальность. Возникновение специальности «функциональная диагностика» (ФД) в середине XX века было продиктовано появлением инструментальных методов диагностики, разработанных на основе регистрации электрической и механической активности внутренних органов. Первым стал метод электрокардиографии (ЭКГ), который успешно осваивался кардиологами и терапевтами. Неврологи и нейрохирурги использовали в практике методы электроэнцефалографии, вызванных потенциалов, электромиографии и другие, а пульмонологи — методы исследования функции внешнего дыхания. Потребность в большом числе исследований и высоком качестве получаемой информации привела к выделению узкой специальности «клиническая физиология», позже — «функциональная диагностика». В 70-х годах XX века появилась еще одна диагностическая специальность — «ультразвуковая диагностика». Благодаря двум новым специальностям диагностика в клинике внутренних болезней стала осуществляться на качественно новом уровне. Качество работы отделений и кабинетов функциональной диагностики определяется объемом проводимых исследований, оснащением аппаратами и квалификацией специалистов. Для совершенствования и планирования работы отделений и кабинетов функциональной диагностики проведен анализ их деятельности в 2019–2021 гг.

Цель: Оценить объем проводимых исследований и аппаратную оснащенность отделений и кабинетов ФД за 2011 и 2019–2021 гг. Для определения тенденций динамики объемов функциональных исследований использовались показатели 2011 года — начала реформы и модернизации здравоохранения Российской Федерации.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ:

Материалы. Данные о работе диагностических кабинетов в Российской Федерации за 2011 и 2019–2021 гг. (ф. № 30 «Сведения о медицинской организации»).

Методы. Проведен сравнительный статистический анализ количества исследований и уровня оснащенности отделений/кабинетов функциональной диагностики, а также рентгенологических и ультразвуковых отделений/кабинетов. С целью улучшения работы диагностических служб на основе сформированной базы данных по формам федерального статистического наблюдения ф. № 17 «Сведения о медицинских и фармацевтических работников» за 2011 год и форме № 30 «Сведения о медицинской организации» за 2011, 2019–2021 гг. Для сравнения использовались данные о деятельности рентгенологических и ультразвуковых отделений/кабинетов.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Среди всех диагностических специальностей наибольший объем исследований проводится специалистами отделений и кабинетов рентгенологии, ультразвуковой и функциональной диагностики. Количество отделений/кабинетов рентгенологической (Рентген. Иссл.) функциональной (ФД) и ультразвуковой (УЗД) диагностики в 2021 году, по сравнению с 2011 г., уменьшилось. Так, рентгенологических (с 6,4 тыс. в 2011 г. до 4,8 в 2021 г.) и ультразвуковых (с 5,9 тыс. до 4,4 в 2021 г.) кабинетов в 2021 году сократилось на 25%, а кабинетов функциональной диагностики (с 6,4 тыс. до 4,6 тыс. в 2021 г.) — на 28%. В 2020 г. отмечен минимум — 4,5 тыс. кабинетов ФД, число кабинетов уменьшилось на 30%. На этом фоне число компьютерно-томографических кабинетов выросло на 85% (с 0,7 в 2011 г. до 1,3 тыс. в 2021 г.) (рис. 1), что свидетельствует об организации эффективного обслуживания больших потоков больных COVID-19 [1].

На фоне постепенного снижения количества кабинетов, отмечено увеличение объема функциональных исследований в 2021 году, которое превысило число рентгенологических и ультразвуковых исследований, составив 154,2 млн. (почти в 2 раза выше аналогичного объема исследований в 2011 г. — 86,4 млн). Эти данные не включают число ультразвуковых исследований сердечно-сосудистой системы, проводимых врачами как функциональной, так и ультразвуковой диагностики.

Число ультразвуковых исследований в 2019 г. составило 151,6 млн. В 2020 году отмечался 20% спад числа исследований (122 млн и последующий подъем на 10% в 2021 г. (137,5 млн), так и не достигший значений 2019 г.

Значительный рост числа функциональных исследований (154,2 млн) по сравнению с ультразвуковыми (137,5 млн) в 2021 году связан с резко возросшей востребованностью метода пульсоксиметрии (ПОМ). Число проведенных функциональных исследований в 2021 году увеличилось на 25% (со 110 мл. в 2019, до 137,5 млн исследований в 2021 г.), опередив число рентгенологических и ультразвуковых исследований (рис. 2). Увеличение числа функциональных исследований сопровождалось снижением количества кабинетов, в которых они проводились. Этот факт свидетельствует не только о востребованности этих исследований, но и о возросшей интенсификации труда специалистов функциональной диагностики.

В соответствии с профессиональными стандартами врачей функциональной и ультразвуковой диагностики [2,3], ультразвуковые исследования сердца и сосудов выполняются врачами обеих специальностей. Анализ числа кодов услуг, выполняемых врачами ФД и врачами УЗД (по Приказу Минздрава России № 804 от 13.11.2017 «Об утверждении номенклатуры медицинских услуг», с изменениями на 24.09.2020) [4], показал, что врач ФД проводит ультразвуковые исследования сердца и сосудов по 49 кодам услуг из общего числа — 157 всех кодов функциональных исследований, а врач ультразвуковой диагностики проводит аналогичные исследования сердца и сосудов — по 33 из 92 кодов всех услуг, выполняемых врачами ультразвуковой диагностики (рис. 3). Ультразвуковые исследования сердца и сосудов составляют около трети от всех, как функциональных, так и ультразвуковых исследований, проводимых врачами обеих специальностей.

Анализ проведенных ультразвуковых исследований сердца — ЭхоКГ показал, что в 2019 году число ЭхоКГ снизилось на 3%, с 15,3 в 2011 году до 14,8 млн. В 2020 г. число ЭхоКГ-исследований на фоне эпидемии снизилось на 20% (12,2 млн), а в 2021 году вновь возросло на 23,5% по сравнению с 2011 г. (18,9 млн) (Рис. 4.), почти на 30% превысив уровень 2019 г. Иная ситуация сложилась с ультразвуковыми исследованиями сосудов: с 2011 до 2019 год число этих исследований выросло на 56% с 7,8 до 12,2 млн затем снизилось в 2020 году до 9,8 млн а в 2021 отмечался резкий скачок числа УЗИ сосудов на 24% до 15,2 млн исследований (что превысило

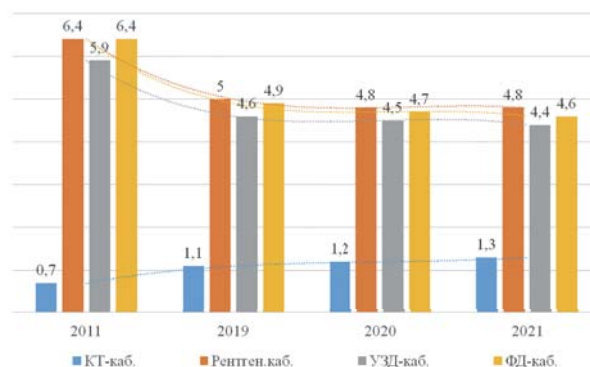


Рисунок 1. Число кабинетов компьютерной томографии, рентгенологической, ультразвуковой и функциональной диагностики (тыс.) в 2011, 2019–2021 гг.

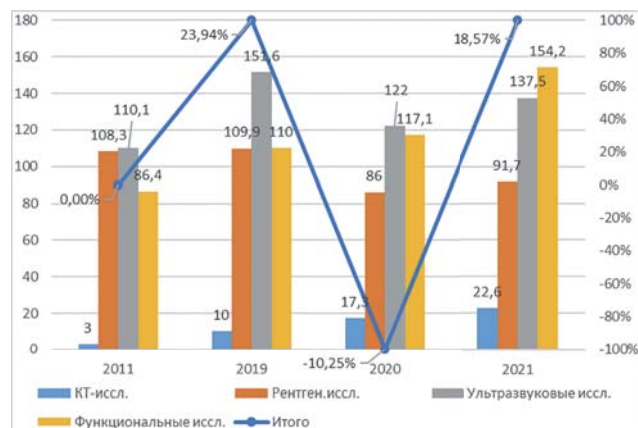


Рисунок 2. Общее число КТ, рентгенологических, ультразвуковых и функциональных исследований (млн в 2011, 2019–2021 гг. (Показано изменение в % числа кабинетов ФД)

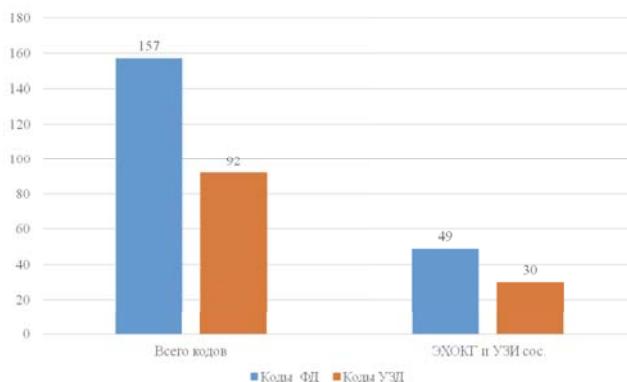


Рисунок 3. Общее число услуг-кодов, выполняемых врачами функциональной диагностики (синие столбцы) и врачами ультразвуковой диагностики (красные столбцы) в соответствии с Приказом Минздрава России № 804н от 13.11.2017 г. «Об утверждении номенклатуры медицинских услуг»

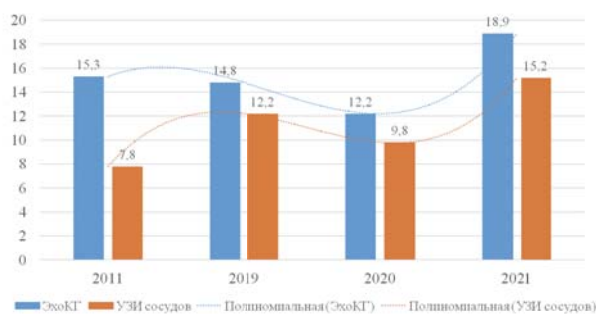


Рисунок 4. Число ультразвуковых исследований сердца и сосудов (млн в 2011, 2019–2021 гг.).

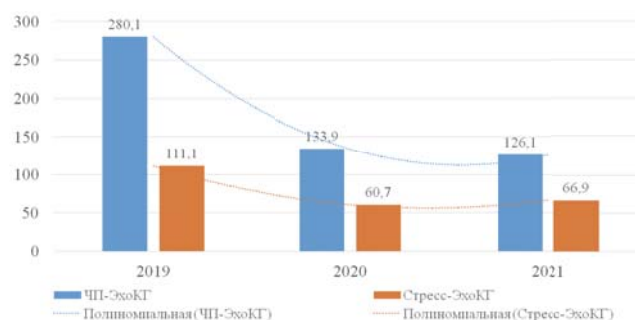


Рисунок 5. Число чреспищеводных и стресс-ЭхоКГ (тыс.) в 2011, 2019–2021 гг.

более, чем в 2 раза значение 2011 г.). Тренд на увеличение ультразвуковых исследований сердца и сосудов определяется высокой сердечно-сосудистой заболеваемостью населения. Качественная диагностика, проводимая врачами УЗИ и ФД обеспечивает высокий спрос на эти исследования.

На этом фоне отмечается достоверное снижение числа сложных и выполняемых в условиях специализированных кабинетов ультразвуковых методов: чреспищеводной эхокардиографии (ЧП-ЭхоКГ) и стресс-ЭхоКГ. Число проведенных ЧП-ЭхоКГ в 2019 году составило — 280 тыс. исследований, затем снизилось более чем в 2 раза, составив 126 тыс. в 2021 году. В 2019 году было проведено 111 тыс. Стресс-ЭхоКГ, а в 2021 — число их снизилось до 66 тыс., почти наполовину. В результате, число этих исследований уменьшилось в 2 раза, что указывает не на дефицит специалистов, а на уменьшение числа направлений на эти исследования врачами клинических специальностей (Рис. 5). Этот процесс имеет исключительно, «внутреннюю» связь с назначениями, поскольку, в целом, оснащенность ультразвуковыми аппаратами за исследуемый период только росла. С 2019 года число ультразвуковых аппаратов увеличилось на 16% (с 3,6 тыс. в 2019 до 4,2 тыс.) в 2021 году (рис. 6). Такая оснащенность функциональных и ультразвуковых кабинетов позволяет выполнить любой объем диагностических услуг [5].

Совершенствование диагностического процесса может быть обеспечено новой медицинской услугой — консультацией врача функциональной диагностики. Новый код в Номенклатуре медицинских услуг будет способствовать выбору оптимального пути исследования функции сердечно-сосудистой и других систем.

Ультразвуковые исследования сердца и сосудов составляют часть от всех функциональных исследований сердечно-сосудистой системы, выполняемых врачами ФД. Суммарно, число всех функциональных исследований сердца и сосудов (за исключением ультразвуковых) с 2011 по 2019 гг. выросло на 26% (с 97,5 до 122,9 млн), в 2020 г. произошло снижение, а в 2021 г. тренд изменился на увеличение (Рис. 7). В 2021 г. функциональные исследования сердечно-сосудистой системы составили 68% от всех исследований.

Структура проведенных функциональных исследований в 2011 и 2021 годах представлена на рис. 8. Число ЭКГ-исследований в 2011 г. составляло около 80–85% от всех исследований, а пульсоксиметрий (ПОМ) — около 5%, и эта пропорция многие годы оставалась неизменной. В 2020 г. соотношение резко изменилось: однократные ЭКГ-исследования состави-

ли 32%, ПОМ — 62%, 6% — все остальные исследования. Коррективы, внесенные пандемией COVID-19, привели к еще более выраженному изменению пропорций в 2021 году в сторону увеличения числа ПОМ до 68% и уменьшения числа ЭКГ-исследований на 28%, оставив на все другие исследования 4%.

ЭКГ является «специальность образующим» методом. Известные ученые-клиницисты — академик АМН СССР В. Ф. Зеленин в 1926 году и профессор Д. Д. Плетнев в 1932 году дважды создавали институт функциональной диагностики, который был призван развивать инструментальное направление в медицине. Они считали, что метод ЭКГ знаменует начало новой эпохи развития аппаратных технологий. В настоящее время в функциональной диагностике существует несколько крупных направлений на основе ЭКГ. Помимо простой однократной записи, в клинике широко используются

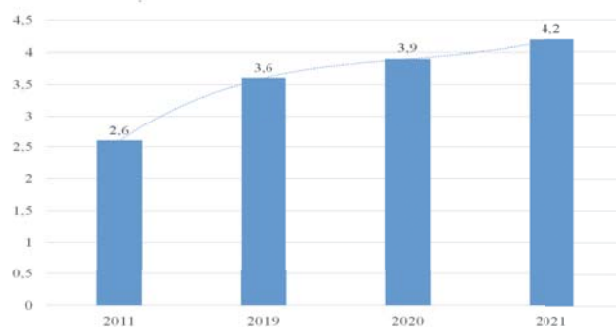


Рисунок 6. Число аппаратов для ультразвуковых исследований (тыс.) в 2011, 2019–2021 гг.

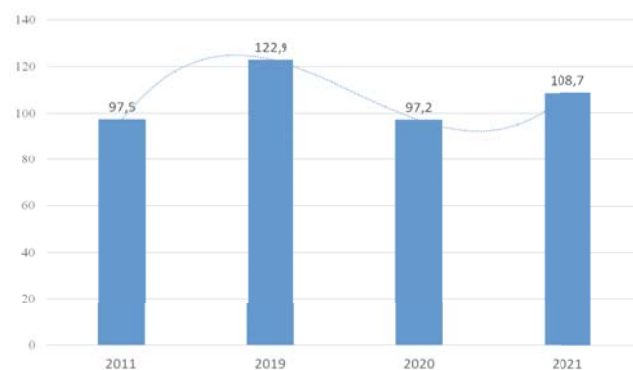


Рисунок 7. Число функциональных исследований сердечно-сосудистой системы (млн в 2011, 2019–2021 гг.).

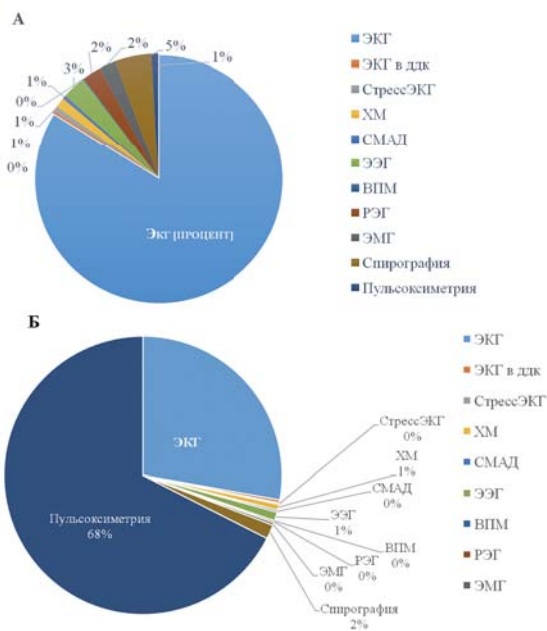


Рисунок 8. Структура функциональных исследований в 2011 г. (А) и 2021 г. (Б)

нагрузочная ЭКГ и ЭКГ, выполненная по методу Холтера (холтеровское мониторирование, ХМ). Регистрация, обработка и вывод электрокардиосигнала сегодня осуществляется с помощью цифровых технологий, которые полностью вытеснили аналоговые. Разработанные новые методы на основе ЭКГ-сигнала, широкого применения в клинике не нашли (ЭКГ высокого разрешения, ортогональная ЭКГ, поверхностное многоканальное ЭКГ картирование и др).

Динамика числа ЭКГ-исследований показала, что за год пандемии в 2020 году произошло снижение объема, проводимых ЭКГ на 20,5%. (Рис. 9). На этом фоне получила новый импульс развития «дистанционная ЭКГ». Метод передачи ЭКГ от удаленного пациента в отдельной структуре — дистанционно-диагностическом кабинете с помощью телемедицинских технологий. Дистанционно-диагностический кабинет (ДДК) — многоуровневая структура записи, анализа и передачи заключения ЭКГ. В 2021 году число переданных на расстоянии ЭКГ достигло максимальных значений — 1,2 млн. (Рис. 10), причем, с 2011 до 2019 года число исследований ЭКГ в ДДК увеличилось примерно в 3 раза, в 2020 году сократилось на 15%, что так же связано со снижением обращения пациентов по поводу заболеваний сердца. В 2021 г. число ЭКГ, записанных в ДДК, достигло уровня 2019 г. Таким образом, появился тренд на увеличение записей ЭКГ у «удаленного пациента». Данная динамика указывает, что именно этот тип работы с записями ЭКГ в условиях ДДК станет предпочтительным, по сравнению с традиционным способом регистрации и анализа. Телемедицинские технологии позволяют передавать данные о состоянии «удаленного пациента» не только по ЭКГ, но и по результатам других методов (ХМ, СМАД и ЭЭГ).

С 2011 по 2019 гг. число исследований ХМ выросло более чем в 1,5 раза (на 60%) (с 1,74 млн в 2011 г., рост до 2019 г. до 2,8 млн), в 2020 г. — снижение до 2,2 млн а в 2021 гг. увеличение до 2,4 млн. (без достижения уровня 2019 г.). Кроме того в отделениях кардиологии и пульмонологии используются ре-

зультаты, получаемые с помощью методов полифункционального мониторингирования носимыми аппаратами.

Метод суточного мониторирования артериального давления имеет (СМАД) широкое использование в клинике. Максимальное число проведенных СМАД (1 млн) отмечено в 2019 году, (в 2020—0,7 млн), в 2021 г. отмечен рост до 0.9 млн но уровень 2019 года так и не был достигнут (Рис. 11). Причина снижения числа СМАД в медицинских организациях в 2021 году — появление дополнительных способов дистанционного мониторинга АД (ДМАД) и самоконтроля артериального давления (СКАД) на основе телемедицинских технологий с использованием мобильных приложений или ручного ввода данных в смартфон. Процесс совершенствования аппаратных технологий контроля артериального давления неизбежно приведет к появлению новых альтернативных, более совершенных методов оценки АД.

Число проведенных ЭКГ с физической или медикаментозной нагрузкой (стресс-ЭКГ: велоэргометрия, тредмилметрия, нагрузочные тесты) за изучаемый период сократилось. Если с 2011 по 2020 гг. число стресс-ЭКГ исследований увеличилось вдвое, на 95% (с 7,2 до 14,1 тыс.), то в 2021 г. отмечено снижение до 13,8 тыс. (рис. 12.А. «другие исследования»). Значительно, на 50% снизилось и количество чреспищеводных стимуляций сердца (с 74,8 в 2011 г. до 37,8 в 2021 г.) (Рис. 12.Б.). Данные факты свидетельствуют о наличии диагностического выбора у врача в пользу других методов.

Оснащенность кабинетов для исследований сердечно-сосудистой системы аппаратами ЭКГ, ХМ и СМАД, регистраторами к ним и комплексами физической нагрузки неуклонно растет (рис. 13, 14), что позволяет поддерживать своевременность и точность диагностики заболеваний сердечно-сосудистой системы.

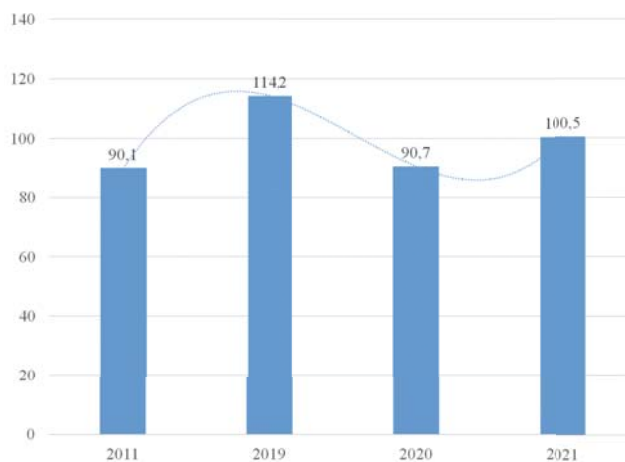


Рисунок 9 Число ЭКГ-исследований (млн)

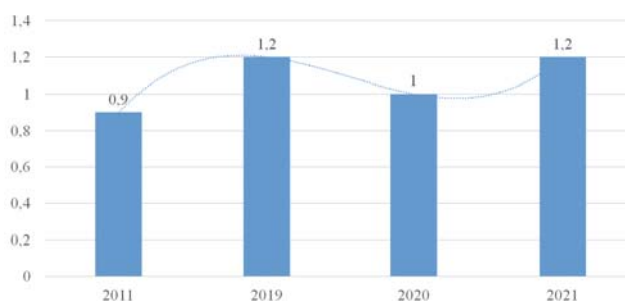


Рисунок 10. Число ЭКГ-исследований в ДДК (млн) в 2011, 2019–2021 гг.

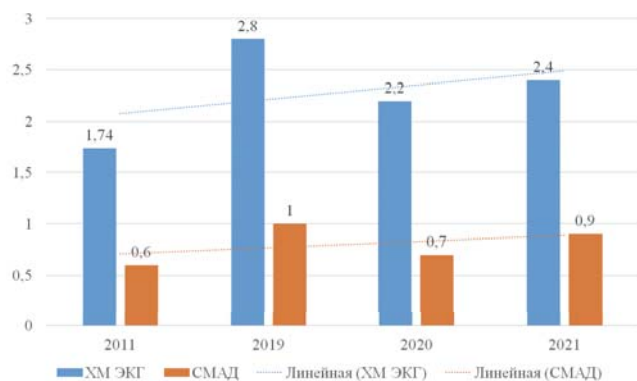


Рисунок 11. Число исследований (млн) холтеровского мониторинга (ХМ ЭКГ) и суточного мониторинга артериального давления (СМАД) в 2011 и 2019–2021 гг.

В настоящее время появляется необходимость комплексного мониторинга за состоянием кардиореспираторной системы с помощью носимых аппаратов как во время бодрствования, выполнения физической нагрузки, так и во время сна. Использование в специализированных отделениях новых форм диагностики и видов носимых аппаратов приходит на смену стандартным однократным исследованиям.

Среди методов исследования функции внешнего дыхания как на амбулаторном, так и на стационарном этапах оказания медицинской помощи наиболее часто используется спирометрия с анализом кривой «поток-объем». Методы оценки структуры общей емкости легких (обычно с помощью бодиплетизмографии) и диффузионный тест, к сожалению,

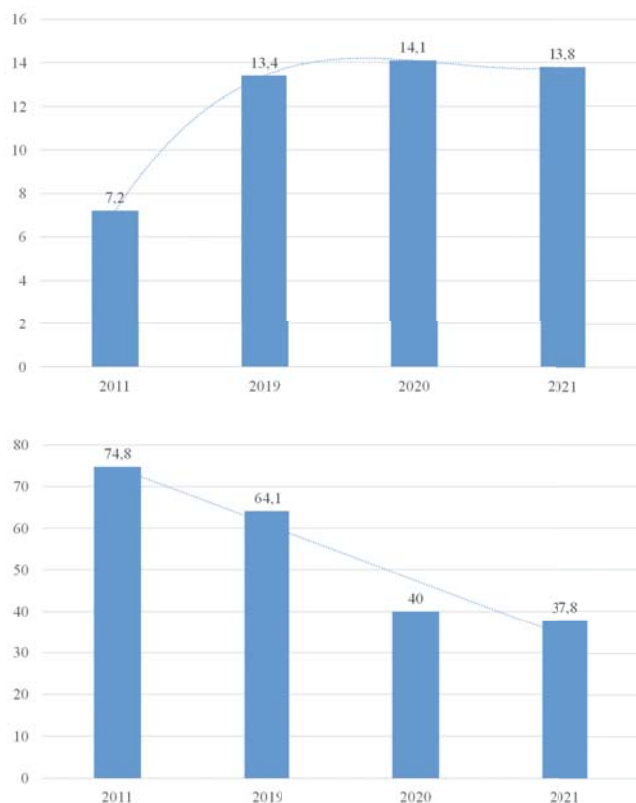


Рисунок 12 А, Б. А — число других исследований (в т.ч. стресс-ЭКГ с использованием физических нагрузок, тредмилметрии и велоэргометрии) сердечно-сосудистой системы (тыс.). Б — число чреспищеводных стимуляций (тыс.) в 2011, 2019–2021 гг.

используются редко. Важным направлением является нагрузочное тестирование, в том числе с анализом газообмена — кардиопульмональный нагрузочный тест (спироэргометрия).

На фоне пандемии Ковид-19 отмечен рост проводимых пульсоксиметрий, в 29 раз с 8 млн в 2019 г. до 244, 1 млн в 2021 г. (Рис. 15), на фоне снижения числа спирометрий в 2020 г. В 2021 году отмечен рост спирометрий до 5,9 млн. Кроме того, с 2011 по 2019 гг. зарегистрирован рост числа спирометрий на 43,4%, а в 2020 году — спад на 38%, что на 11% ниже уровня 2011 года. Снижение числа спирометрий в 2020 г. связано с особенностями течения и высокой контагиозностью COVID-19. Число спироанализаторов увеличилось на 62% (с 6,2 тыс. в 2011 г. до 10,4 тыс. в 2021 г.), и на этот процесс пандемия не оказала влияния (рис. 17). Отмечен тренд на увеличение числа аппаратов бодиплетизмографов в 2021 г. (рис. 18).

Кардиопульмональный нагрузочный тест — тест с измерением состава выдыхаемого воздуха, в равной степени может считаться нагрузочным тестом для оценки адаптационных возможностей дыхательной, сердечно-сосудистой и мышечной систем. Спрос на этот тест увеличился на 78%, составив в 2021 г. 22,9 тыс., по сравнению с 12,8 тыс. в 2019 г. (рис. 19).

Нейрофизиологические исследования составляют отдельный блок, в который включены методы исследования центральной и периферической нервной системы, клиническая значимость которых различна. Наряду с современными технологиями, по-прежнему, в ряде учреждений используются и методы с низкой диагностической значимостью.

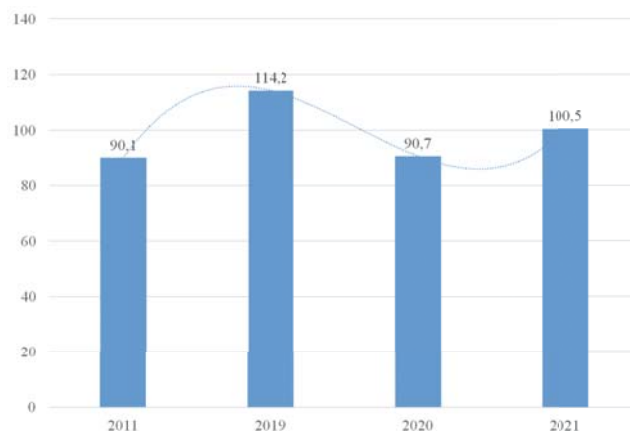


Рисунок 13. Число аппаратов-электрокардиографов (тыс.) в 2011, 2019–2021 гг.



Рисунок 14. Число систем холтеровского мониторинга ЭКГ, суточного мониторинга артериального давления и регистраторов к ним, комплексов физической нагрузки (тыс.) в 2011, 2019–2021 гг.

Анализ общего числа нейрофизиологических исследований показал их снижение на 4%, с 7,3 млн до 7,0 с 2011 по 2019 гг., и дальнейшее снижение до 5 тыс. в 2020 году. В 2021 г. отмечено увеличение до 5,7 млн. (Рис. 20). На рис. 21 представлено число исследований электроэнцефалографии (ЭЭГ), методов вызванных потенциалов (ВП), реоэнцефалографии (РЭГ) и электромиографии (ЭМГ).

С 2011 по 2019 гг. отмечался неуклонный рост ЭЭГ-исследований с 3,2 до 4,3 млн затем спад на 27,7% в 2020 году до 3,2 млн и в 2021 г. увеличение числа ЭЭГ до 3,7 млн. В настоящее время значительную роль в отделениях реанимации и интенсивной терапии приобретает ЭЭГ-мониторинг. Такие достоинства метода ЭЭГ, как высокая корреляция с уровнем функциональной активности ЦНС и обнаружением развития необратимых процессов в мозге, делают его необходимым в комплексном обследовании пациентов с заболеваниями центральной нервной системы.

Число ЭМГ-исследований с 2011 по 2019 гг. выросло на 79% (с 0,67 до 1,2 млн), и после незначительного спада в 2020 г. до 0,9 млн наметился тренд на увеличение в 2021 г. (1,1 млн). В настоящее время большой интерес представляет комплексное использование методов ЭМГ, ВП и УЗИ нервов.

На рис. 23 представлен рост числа аппаратов для проведения ЭЭГ и ЭМГ.

За исследуемый период отмечено снижение числа исследований вызванных потенциалов (ВП) и реоэнцефалографии (РЭГ). С 2011 по 2021 гг. число исследований ВП составляло 0,14–0,12 млн а РЭГ уменьшилось в 3,5 раза: с 2,6 до 0,75 млн.

Этот факт постепенного исчезновения РЭГ связан с вытеснением его более точными лучевыми и ультразвуковыми методами. Среди ультразвуковых методов тоже происходят подобные процессы. Так, отмечается постепенное снижение исследований — эхоэнцефалографий (ЭхоЭГ) (рис. 22). Процесс совершенствования технологий и аппаратов неизбежно приводит к предпочтению более информативных.

На современном этапе в высокотехнологичных специализированных клиниках все чаще используются комбинации методов ФД, или подключение дополнительных методов лучевой и ультразвуковой диагностики. В нейрохирургических отделениях в условиях операции проводится функциональный контроль при вмешательствах на головном и спинном мозге — интраоперационный нейрофизиологический мониторинг (ИОНМ), выполняемый врачами ФД на основании «сценария» — совокупности методов, которые поочередно или одновременно используются во время операции: электроэнцефалографии, методов вызванных потенциалов, электромиографии. Все более востребованными в клинике становятся полисомнографические исследования (ПСГ), которые проводят с целью изучения состояния систем организма во время сна. В комплекс ПСГ входят: ЭЭГ, электроокулография, ЭМГ, ЭКГ, ХМ, СМАД, ПОМ, кардиореспираторное мониторирование во время сна и др. Методы ВП, ЭМГ и ультразвуковые исследования поверхностных органов (сосудов, нервов, мышц) становятся составной частью исследований при нейромышечных заболеваниях.

Врач функциональной диагностики в настоящее время должен проводить необходимые исследования с целью определения функции органов и систем на всех этапах лечебного процесса и контроля. В зависимости от потребностей медицинских

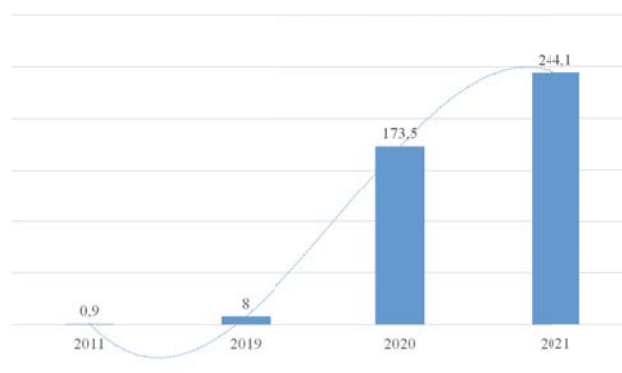


Рисунок 15. Число исследований

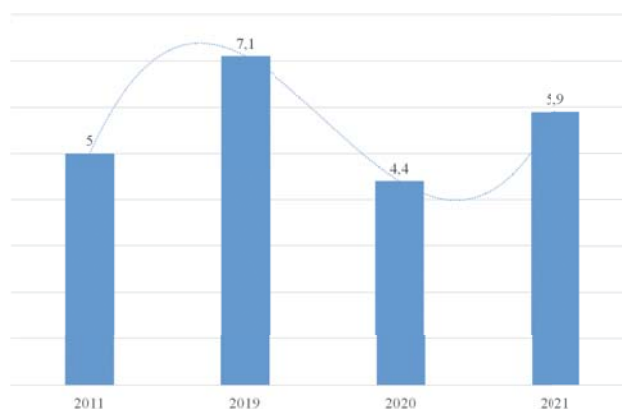


Рисунок 16. Число спирометрий (млн, пульсоксиметрий (млн) в 2011, 2019–2021 гг. проведенных в 2011, 2019–2021 гг.

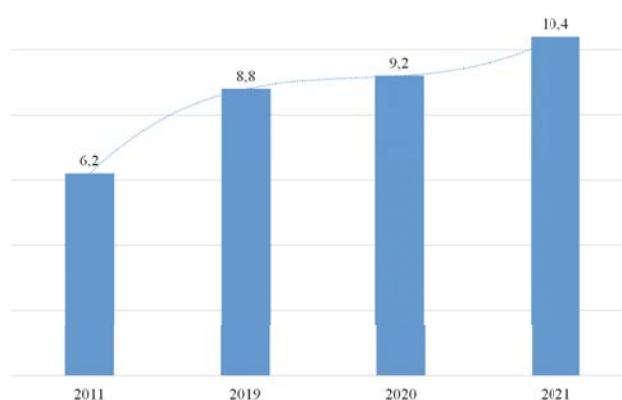


Рисунок 17. Число аппаратов спироанализаторов (тыс.) в 2011, 2019–2021 гг.

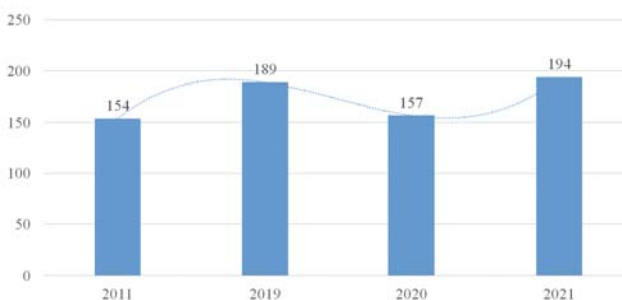


Рисунок 18. Число аппаратов бодиплетизмографов в 2011, 2019–2021 гг.

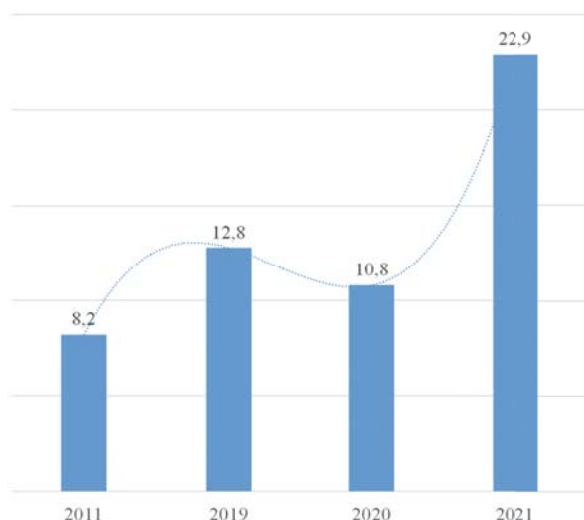


Рисунок 19. Число проведенных кардиопульмональных нагрузочных тестов (тыс.) в 2011, 2019–2021 гг.

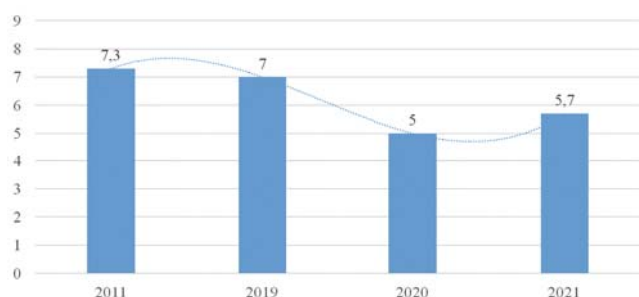


Рисунок 20. Число всех функциональных исследований нервной системы (млн в 2011, 2019–2021 гг.

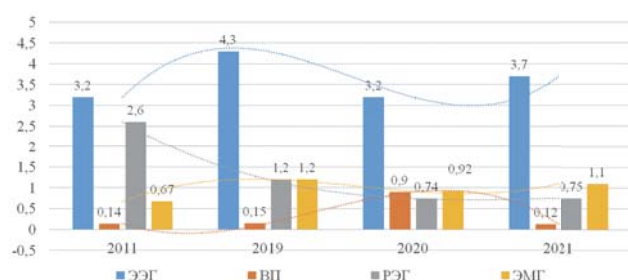


Рисунок 21. Число исследований нервной системы: электроэнцефалографии, вызванных потенциалов головного мозга, реоэнцефалографии и электромиографии (млн в 2011, 2019–2021 гг.

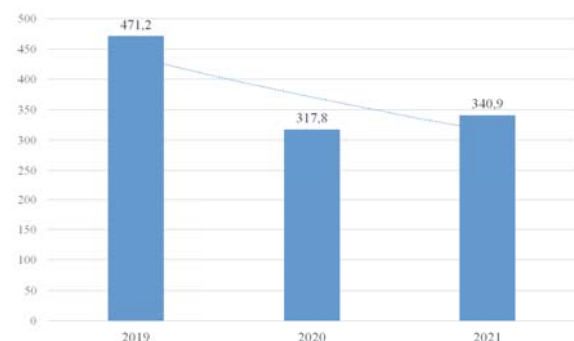


Рисунок 22. Число проведенных эхоэнцефалографий (тыс.) в 2019–2021 гг.

организаций, он должен постоянно осваивать различные технологии. Кроме того, в современных условиях большое значение стали приобретать телемедицинские технологии, которые дополняют прежнюю форму контакта пациента и врача, и встраиваются в алгоритм принятия решений [6,7].

Так, за период с 2018 по 2021 гг. количество проведенных телемедицинских диагностических консультаций возросло в 7 раз (Рис. 23) (с 226 тыс. до 2 млн). Число пациентов, находившихся на дистанционном телемедицинском наблюдении, увеличилось за этот период на 32%, что и явилось ведущим фактором увеличенной потребности в использовании телемедицинских технологий. (Рис. 24, 25). Причем, на этот процесс не повлияли ни пандемия, ни самоизоляция, ни сокращение числа проводимых исследований и обращений. Это значит, что активное использование в дальнейшем различных «облачных» технологий, будет способствовать быстрому и эффективному процессу диагностики и сопровождения лечения пациентов.

Снижение количества сложных и трудоемких функциональных исследований с использованием нагрузочного тестирования, комплексных, инвазивных исследований связано с недостаточным развитием алгоритмов использования методов. Статистические данные о преобладании объемов простых и однократных исследований (ЭКГ, спирометрии и ЭЭГ) создают иллюзию простоты и ограниченности функциональных методов. Но в действительности, незнание возможностей методов функциональной диагностики является причиной недооценки их значимости.

Все перечисленные результаты использования методов в кабинетах и отделениях функциональной диагностики указывают на их различную клиническую значимость и информативность. Для эффективного использования и разработки оптимальных вариантов исследований необходимо совершенствовать обучение специалистов, внедрять и разрабатывать новые алгоритмы применения методов и технологий, используя весь спектр возможностей современных диагностических аппаратов и технологий. Вызывает восхищение «предвидение» наших великих предшественников, создававших первые институты функциональной диагностики в период появления метода ЭКГ, который стал первым в ряду множества будущих методов и технологий, без которых невозможна оценка функции органов и систем.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ:

Число проведенных функциональных исследований в 2021 году (154,2 млн превысило почти в 2 раза уровень 2011 г.

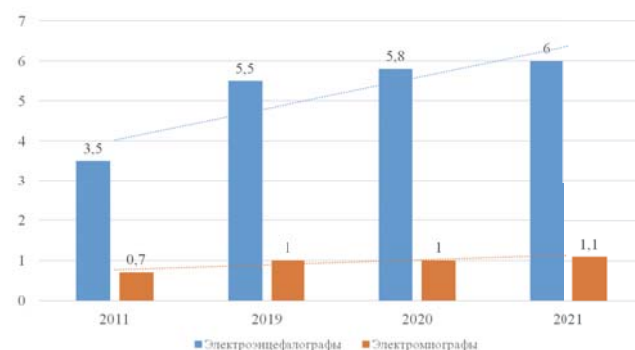


Рисунок 23. Число аппаратов для электроэнцефалографии и электромиографии (тыс.) в 2011, 2019–2021 гг.

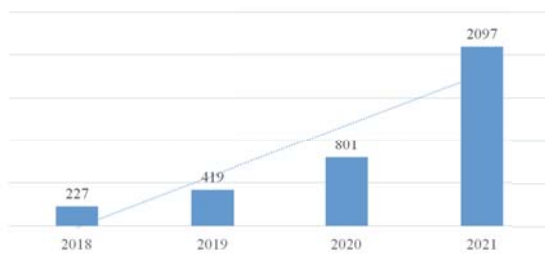


Рисунок 24. Количество проведенных консультаций с применением телемедицинских технологий в 2018–2021 гг. (в тыс.)

(86,4 млн), а так же и число рентгенологических (91,7 млн) и ультразвуковых (137,5 млн) исследований в 2021 году. Пандемия «Ковид-19» спровоцировала депрессивное влияние на работу службы ФД, со снижением числа исследований в 2020 году, и положительным возвратом в 2021 г.

С 2020 г. изменилась структура функциональных исследований с увеличением пульсоксиметрий и снижением ЭКГ-исследований.

Маркером развития функциональной диагностики является использование мониторинговых и комплексных методов исследования сердечно-сосудистой, дыхательной и нервной систем, позволяющих получать информацию в процессе лечения или наблюдения. Снижение числа сложных исследований и нагрузочного тестирования является признаком недооценки возможностей ФД.

Около трети всех функциональных исследований составляют ультразвуковые исследования сердца и сосудов, которые выполняются врачами как функциональной, так и ультразвуковой диагностики. Данный факт может способствовать объединению двух специальностей.

Наметился тренд на использование телемедицинских диагностических консультаций, что в перспективе станет наиболее удобной формой оказания медицинских услуг в функциональной диагностике.

Новая медицинская услуга «консультация врача функциональной диагностики», назначаемая врачом-клиницистом на всех

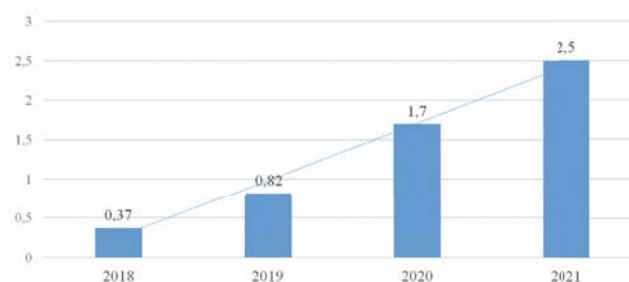


Рисунок 25. Количество пациентов, находившихся на дистанционном наблюдении за состоянием здоровья с применением телемедицинских технологий в 2018–2021 гг.

уровнях оказания медицинской помощи будет способствовать быстрому и эффективному принятию решения о дальнейшей тактике ведения пациентов.

Список литературы / References

1. Н. Ф. Берестень, Е. П. Какорина. Состояние инструментальной и функциональной диагностики в условиях пандемии COVID-19 в 2020 году. Ж. Медицинский алфавит. Современная функциональная диагностика № 28/2021 (480), С. 32–36.
2. Приказ Минтруда России от 11.03.2019 г. № 138н «Об утверждении профессионального стандарта «Врач функциональной диагностики».
3. Приказ Минтруда России от 11.03.2019 г. № 161н «Об утверждении профессионального стандарта «Врач ультразвуковой диагностики».
4. Приказ Минздрава России № 804 от 13.11.2017 «Об утверждении номенклатуры медицинских услуг».
5. Сачек О. И., Толмачев Д. А. Нормативное обеспечение деятельности службы функциональной диагностики в России. Ж. Современные проблемы здравоохранения и медицинской статистики. 2019, № 2, С. 213–230.
6. Никольский А. В., Леванов В. М., Карчков Д. А., Москаленко В. А. Эффективность диагностики сердечно-сосудистых заболеваний в формате специализированной.
7. Службы автоматического телемониторинга с применением программно-аппаратного комплекса «Киберсердце». Ж. Уральский медицинский журнал. 2020, № 7 (190). С. 64–69.
8. Никольский А. В., Леванов В. М., Дроздов Д. В., Козлов А. А. Ориентированные на использование пациентами телемедицинские решения для скрининга ЭКГ. Ж. Современная функциональная диагностика, 2019, № 1 (387), стр. 25–28.

Сведения об авторах

Берестень Н. Ф., д.м.н., проф. кафедры клинической физиологии и функциональной диагностики^{1,2} eLibrary. SPIN: 4547–7137. ORCID <https://orcid.org/0000-0003-3583-6839>

Соболев К. Э., к.м.н., директор Московского областного научно-исследовательского клинического института им. М. В. Владимирского², eLibrary. SPIN: ORCID: 0000-0003-4779-8577

Какорина Е. П., д.м.н., проф. кафедры организации здравоохранения, медицинской статистики и информатизации^{2,3} eLibrary. SPIN: 2909–9069. ORCID <https://orcid.org/0000-0001-6033-5564>

¹ ФГБОУ ДПО «Российская академия последипломного образования» Минздрава России

² ГБУЗ МО ММ «Московский областной научно-исследовательский клинический институт им. М. Ф. Владимирского»

³ ФГБОУ ВПО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И. М. Сеченова» Министерства Российской Федерации

Автор для переписки: Берестень Наталья Федоровна. E-mail: nberesten@yandex.ru

About authors

Beresten N. F., DM. Professor of the Department of Clinical Physiology and Functional Diagnostics^{1,2}. eLibrary. SPIN: 4547–7137. ORCID <https://orcid.org/0000-0003-3583-6839>

Sobolev K. E., MD PhD, Director of the Moscow Regional Research Clinical Institute named after M. F. Vladimirovsky. e-Library. AuthorID:600539 ORCID: 0000-0003-4779-8577

Kakorina E. P., DM. Professor of the Department of Health Organization, Medical Statistics and Informatization^{2,3}. e-Library. SPIN: 2909–9069. ORCID <https://orcid.org/0000-0001-6033-5564>

¹ Russian Medical Academy of continuing professional education, Moscow, Russia

² Moscow Regional Research and Clinical Institute named after M. F. Vladimirovsky (MONIKI), Russia

³ First Moscow state Medical University n.a. I. M. Sechenov, Moscow, Russia

Corresponding author: Beresten Natalia F. E-mail: nberesten@yandex.ru

Для цитирования: Берестень Н. Ф., Соболев К. Э., Какорина Е. П. О деятельности отделений и кабинетов функциональной диагностики. Медицинский алфавит. 2022;(20):8–15. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2022-20-8-15>

For citation: Beresten N. F., Sobolev K. E., Kakorina E. P. Analysis of the results of the work of departments and offices of functional diagnostics. Medical alphabet. 2022;(20):8–15. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2022-20-8-15>

Новые международные рекомендации по интерпретации легочных функциональных тестов (Часть 1)

М. Ю. Каменева

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет имени академика И.П. Павлова» Министерства здравоохранения Российской Федерации

РЕЗЮМЕ

Представлен обзор нового технического стандарта Европейского респираторного общества и Американского торакального общества 2022 года по интерпретации рутинных легочных функциональных тестов: спирометрии, бодиплетизмографии и определения диффузионной способности легких. В первой части обсуждаются общие вопросы, выбор должных величин, определение границ нормальных значений показателей и оценки бронходилатационного ответа.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: легочные функциональные тесты, спирометрия, бодиплетизмография, определение диффузионной способности легких, должные величины, границы нормы, z-критерий, бронходилатационный тест.

New international technical standard on interpretive strategies for lung function tests (Part 1)

M. Yu. Kameneva

Pavlov First Saint Petersburg State Medical University

SUMMARY

An overview of the new 2022 European Respiratory Society and American Thoracic Society technical standard on interpretive strategies for routine lung function tests: spirometry, body plethysmography and diffusing capacity is presented. The first part discusses general issues, the choice of reference equations, defining normal range of parameters and bronchodilator response estimation.

KEY WORDS: lung function tests, spirometry, body plethysmography, diffusing capacity, reference equations, limits of normal, z-score, bronchodilator responsiveness test.

Многие годы при описании результатов легочных функциональных тестов (ЛФТ) руководствовались алгоритмом, совместно разработанным в 2005 году Американским торакальным обществом (АТО) и Европейским респираторным обществом (ЕРО) [1]. Предложенный алгоритм отличался простотой и объединял трактовку результатов спирометрии, бодиплетизмографии и определения диффузионной способности легких (ДСЛ). Практически опыт применения показал его преимущественную ориентированность на диагностику нарушений при так называемых обструктивных заболеваниях легких, в то время как в диагностике расстройств вентиляции рестриктивного характера он часто демонстрировал неэффективность [2, 3]. Весьма спорной оказалась и попытка увязать варианты функциональных нарушений с нозологическими формами, предпринятая при создании алгоритма 2005 года, что идет в разрез с принципами построения функционального диагноза, призванного определять характер и выраженность выявленных расстройств, один и тот же тип которых может встречаться при самых разных заболеваниях органов дыхания.

Обновленные международные рекомендации по интерпретации легочных функциональных тестов были разработаны в рамках проекта ЕРО, получившего название Global Lung Function Initiative (GLI) (URL: <https://www.ers-education.org/guidelines/global-lung-function-initiative>) и опубликованы в 2022 году [4]. Новый документ назван Техническим

стандартом ЕРО и АТО по интерпретации рутинных, то есть используемых в практическом здравоохранении, легочных функциональных тестов: спирометрии, бодиплетизмографии и определения диффузионной способности легких. Обзору основных положений новых рекомендаций и посвящена настоящая публикация.

Авторы выделяют три ключевых аспекта интерпретации технически приемлемых результатов ЛФТ:

- 1) Определить находятся ли измеренные показатели в границах нормы или за ее пределами;
- 2) Классифицировать выявленные функциональные нарушения;
- 3) Сопоставить функциональную картину с другими клиническими данными для дифференциальной диагностики заболеваний и определения тактики лечения.

В новом документе рассматриваются только первые два аспекта. Различий между старыми и новыми рекомендациями много, наиболее важные из них представлены в таблице 1.

СИСТЕМЫ ДОЛЖНЫХ ВЕЛИЧИН

Рекомендуются к использованию разработанные GLI новые должные величины (долж) для показателей спирометрии, диффузионной способности легких и статических легочных объемов. Их преимуществом считается единая методология создания, что обеспечивает хорошую приемственность при

Таблица 1
Основные различия между рекомендациями
по интерпретации легочных функциональных тестов 2005 и 2022 годов [4, адаптировано]

Рекомендации АТО/ЕРО, 2005 год	Технический стандарт ЕРО/АТО, 2022 год
Общие положения: Использование ЛФТ для постановки клинических диагнозов и принятия клинических решений	Общие положения: - Использование ЛФТ для диагностики физиологических нарушений, а не для постановки клинических диагнозов - Осторожность при интерпретации данных, особенно когда результаты близки к границам нормы
Должные величины: - Выбор системы должных величин с учетом расовых (этнических) характеристик популяции, отсутствие единых рекомендованных систем должных величин - Спирометрия: В США: рекомендована система должных величин NHANES III. В Европе: нет одной рекомендованной системы должных величин - Легочные объемы и ДСЛ: нет одной рекомендованной системы должных величин	Должные величины: - Рекомендовано использовать системы должных величин GLI для оценки спирометрии, легочных объемов и диффузионной способности легких - Недостаточно знаний о взаимосвязи расы (этнической принадлежности) и легочной функции - Уточнено, что для интерпретации ЛФТ важен пол, определенный при рождении, в документах может быть указан другой
Определение границ нормы: - НГН = 5-му перцентилю - Не рекомендовано использовать критерий «ОФВ₁/ФЖЕЛ < 0,70» для определения границ нормы - Не рекомендовано использовать критерий «< 80% долж» для определения границ нормы	Определение границ нормы: - НГН = 5-му перцентилю и ВГН = 95-му перцентилю - Не рекомендовано использовать критерий «ОФВ₁/ФЖЕЛ < 0,70» для определения границ нормы - Не рекомендовано использовать критерий «< 80% долж» для определения границ нормы
Бронходилатационный ответ: > 12% и 200 мл прироста ОФВ₁ или ФЖЕЛ от исходного значения 4 ингаляции по 100 мкг салбутамола; оценка через 15 мин	Бронходилатационный ответ: > 10% прироста ОФВ₁ или ФЖЕЛ от должной величины - Бронхолитический препарат, доза и способ доставки не регламентированы
Оценка динамики показателей: Разные критерии в зависимости от исходного состояния (норма/патология) и промежутка времени (в течение дня, от недели к неделе, от года к году)	Оценка динамики показателей: - У детей по критерию условного изменения (conditional change score) - У взрослых по критерию ОФВ₁Q
Оценка выраженности нарушений: - Степень выраженности как обструктивных, так и рестриктивных нарушений оценивается по ОФВ₁: - Легкая = > 70% долж - Умеренная = 60–69% долж - Среднетяжелая = 50–59% долж - Тяжелая = 35–49% долж - Крайне тяжелая = < 35% долж - Степень выраженности нарушений легочного газообмена оцениваем по ДСЛ: - Легкая = < НГН > 60% долж - Умеренная = 40–60% долж - Тяжелая = < 40% долж	Оценка выраженности нарушений: - Степень отклонения любого показателя от нормы определяется по z-критерию: - Легкая = от –1,645 до 2,500 - Умеренная = от 2,501 до –4,000 - Тяжелая = < –4,000 - Степень выраженности обструктивных нарушений оценивается по изменению ОФВ₁ - Степень выраженности рестриктивных нарушений оценивается по изменению ОЕЛ - Степень выраженности нарушений легочного газообмена оценивается по изменению ДСЛ
Классификация нарушений: - Обструктивные: - ОФВ₁/ФЖЕЛ < 5-го перцентиля, используем наибольшую величину (ЖЕЛ или ФЖЕЛ) - гиперинфляция легких и «воздушные ловушки» оцениваются по легочным объемам - увеличенное бронхиальное сопротивление - обструкция центральных и верхних дыхательных путей - Рестриктивные: - ОЕЛ < 5-го перцентиля и ОФВ₁/ФЖЕЛ ≥ 5-го перцентиля - Смешанные: - ОФВ₁/ФЖЕЛ и ОЕЛ < 5-го перцентиля - Нарушения легочного газообмена: - ДСЛ, ДСЛ/АО < 5-го перцентиля - Корректировка по содержанию Нb и СОНb	Классификация нарушений: - Обструктивные: - ОФВ₁/ФЖЕЛ < 5-го перцентиля, используем ФЖЕЛ - гиперинфляция легких и «воздушные ловушки» оцениваются по легочным объемам - дисананпсис (dysanapsis) - неспецифический паттерн и паттерн с нормальным соотношением ОФВ₁/ФЖЕЛ (preserved ratio-impaired spirometry pattern — PRISm) - обструкция центральных и верхних дыхательных путей - Рестриктивные: - ОЕЛ < 5-го перцентиля и ОФВ₁/ФЖЕЛ ≥ 5-го перцентиля - Простая и комплексная рестрикция - Гиперинфляция - Смешанные - Нарушения легочного газообмена: - ДСЛ < 5-го перцентиля - Классификация нарушений ДСЛ с учетом АО и ДСЛ/АО

описании результатов разных исследований и позволяет наилучшим образом стандартизировать интерпретацию данных.

Первыми были определены должные величины для спирометрии, которые по дате публикации и названию разработчика получили название GLI 2012 [5]. На сегодняшний день это самая универсальная система должных величин, актуальная для большинства рас в широком возрастном диапазоне — от 3 до 95 лет. При разработке GLI 2012 было выделено 5 популяций, каждой из которых соответствуют свои уравнения расчета должных величин. Подробная характеристика популяций и особенности применения GLI 2012 в отношении их представлены в таблице 2.

гормональную терапию при смене пола. Данных о влиянии такого лечения на легкие нет.

Новые должные величины для оценки ДСЛ были опубликованы GLI в 2017 году (GLI 2017) [12]. Их применение ограничено только европеоидной (кавказоидной, белой) расой (caucasians). Еще уже область применения новых должных величин для статических легочных объемов, представленных GLI в 2020 году (GLI 2020) — только для европейской популяции [13]. По мере накопления данных ожидается обновление референсных уравнений для других групп.

Во всех уравнениях при расчете должных значений учитывается рост пациент и не принимается во внимание масса

Таблица 2
Актуальные данные по применению системы должных величин для показателей спирометрии GLI 2012 в различных популяциях [4]

Популяция, указанная в GLI	Набор данных для GLI	Популяция/ Происхождение	Особенности
Белая	Европа, Израиль, Австралия, США, Канада, Бразилия, Чили, Мексика, Уругвай, Венесуэла, Алжир, Тунис	Белая (европейская), Латиноамериканская (европейская)	Применяется для белых европейцев [6, 7, 8]
Черная	Афроамериканцы	Черная (Северная Америка)	
Юго-Восточная Азия	Тайланд, Тайвань, Китай (включая Гонконг)	Азиаты	
Северо-Восточная Азии	Япония, Корея		Уравнения для Северо-Восточной Азии недостаточно хорошо согласуются с современной популяцией [9]
Смешанная	Средние значения для других четырех групп GLI	Смешанная, Черная (Южная Африка) [10], Индия [11], происхождение неизвестно	Данные по Индии [11] и Южной Африке [10] получены в единичных проспективных исследованиях преимущественно у детей

Вопрос взаимосвязи расы и показателей легочной функции остается открытым. Выявленные между популяциями различия могут быть обусловлены не только генетическими детерминантами (раса человека), но и экологическими, и социальными факторами, также влияющими на состояние здоровья человека. При расчете должных величин множество этих воздействий не учитывается и для отбора данных используют всего два критерия здоровья: человек не должен курить и не иметь заболеваний легких. Кроме того, само по себе определение расы в обычной практике представляется весьма сложной задачей, доступных возможностей установить ее точно нет. Среди всех показателей спирометрии наименьшие межпопуляционные различия демонстрирует отношение объема форсированного выдоха за 1-ю секунду к форсированной жизненной емкости легких.

При динамическом наблюдении пациента важно каждый раз использовать одни и те же должные величины. Если на каком-либо этапе наблюдения должные величины меняются, то с этого момента данные в протоколах необходимо представлять и в старой, и в новой системах. Сравнение собственных результатов между собой по-прежнему остается самым точным способом оценки данных.

Особое внимание уделено определению пола. Ориентиром должен служить пол в момент рождения (биологический). В современных реалиях пол, указанный в документах, не всегда совпадает с биологическим, а именно с последним связаны функциональные параметры. Еще одной проблемой может стать оценка данных у пациента, получавшего или получающего

тела, хотя известно о потенциальной возможности влияния ожирения на легочные объемы. Так, было показано снижение функциональной остаточной емкости легких (ФОЕ) и резервного объема выдоха (РОВвд) при значениях индекса массы тела (ИМТ) больше 30 кг/м² у взрослых [14, 15] и выше 97-го перцентиля у детей и подростков [16]. При крайних степенях ожирения возможно формирование вентиляционных нарушений как обструктивного, так и рестриктивного характера [17]. Другие исследователи у большей части больных с ожирением не обнаружили изменений легочных объемов и лишь при значениях ИМТ > 40 кг/м² наблюдали значимое снижение общей емкости легких (ОЕЛ) [14]. При описании результатов исследований важно помнить, что точно определить снижение легочных объемов у больных с ожирением, беременных и женщин в послеродовом периоде на сегодняшний день невозможно [18, 19].

Оценку ДСЛ и других параметров легочного газообмена необходимо проводить с учетом актуального атмосферного давления и объема мертвого пространства прибора, которые должны быть определены и введены в программу до расчета должных величин [12]. При интерпретации результатов важно учитывать содержание в крови гемоглобина (Hb) и карбоксигемоглобина (COHb), а также обратное давление монооксида углерода (carbon monoxide back pressure). Подчеркивается особая важность такой корректировки при лечении токсичными препаратами, например при химиотерапии [20].

В протоколе исследования обязательно указывается система должных величин, с помощью которой оценивались результаты, а также пол, возраст и рост пациента, использованные при расчете референсных значений. Если нет точных сведений о росте, биологическом поле или происхождение (расе) человека, то это необходимо отметить в протоколе исследования. Приоритет отдается новым должным величинам, разработанным GLI.

Стандарты АТО/ЕРО 2005 года не ограничивали использование какой-либо системы должных величин для европейской популяции, только для жителей Северной Америки были рекомендованы уравнения, полученные в исследовании National Health and Nutrition Examination III Survey (NHANES III) [1, 21]. Данные спирометрии NHANES III вошли и в базу данных GLI, поэтому референсные значения двух систем очень близки. Отличие GLI 2012 в большем возрастном диапазоне (NHANES III — только 8–80 лет, а GLI 2012–3–95 лет), ощутимой разнице должных величин для лиц старше 65 лет [22, 23, 24] и отсутствии разграничения между американцами мексиканского и европейского происхождения.

Больше различий между GLI 2012 и ранее активно применявшейся в Европе системой должных величин, разработанной в 1993 году Европейским сообществом стали и угля (European Community for Steel and Coal — ECSC) [25]. Практически все расчетные значения GLI 2012 больше, чем ECSC [6, 26, 27]. Для отечественной практики это может стать проблемой, требующей обсуждения. Широко распространенная в нашей стране система должных величин Р.Ф Клемента и соавт. [28] наиболее близка к европейской ECSC 1993 года [29] и первый же сравнительный анализ результативности отечественной системы должных величин с GLI 2012 выявил значимые различия. Для одного и того же пациента должные значения объемных показателей ФЖЕЛ и $ОФВ_{(1)}$, рассчитанные по системе GLI-2012, имели большие значения относительно систем ECSC и Р.Ф Клемента и соавт., а должные величины скоростных показателей СОС25–75 и МОС75, наоборот, меньшие. [30].

Не рекомендуется использовать в работе должные значения, полученные в отдельных лабораториях ЛФТ на небольших выборках здоровых, поскольку даже при размере выборки не менее 1000 и использовании одного и того же оборудования и протоколов различия могут достигать 0,4 z-критерия или 6–9% долж [31].

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГРАНИЦ НОРМЫ

При стандартной оценке дыхательной системы за диапазон нормальных значений принимают 90% доверительный интервал, границы которого обозначают при помощи z-критерия и/или стандартного (среднеквадратичного) отклонения (standard deviation — SD). Z-критерий — это безразмерная величина, которая показывает на сколько SD фактически измеренный показатель отличается от его должного значения:

$$z\text{-критерий} = (\text{измеренная величина} - \text{должная величина}) / SD$$

Нижняя граница нормы (НГН) соответствует 5-му процентилю ($-1,645$ SD или z-критерий = $-1,645$), а верхняя граница нормы (ВГН) — 95-му процентилю ($+1,645$ SD или z-критерий = $+1,645$) (рис. 1).

Важно помнить, что НГН и ВГН не являются точными разграничителями нормы и патологии. Сама методика опре-

деления диапазона нормы предполагает, что 10% здоровых с экстремально низкими или, наоборот, высокими параметрами легких (5% со значениями z-критерия $<-1,645$ и 5% со значениями z-критерия $>+1,645$) могут быть определены как имеющие функциональные нарушения.

Подчеркивается, что идеальных границ нормы не существует и 90% доверительный интервал, как и любые другие диапазоны нормы, таковым не является, а представляет собой лишь разумный компромисс между хорошей чувствительностью и недостаточной специфичностью. Эксперты выделяют «зону неопределенности» — это близкие к НГН или ВГН значения, где пересекаются распределения в здоровой популяции и популяции больных, что требует особой аккуратности при оценке данных, рекомендуется трактовать их с учетом клинических проявлений заболевания и результатов других исследований (рис. 2).

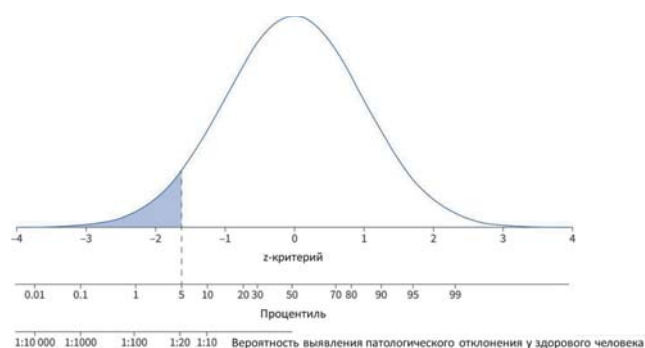


Рисунок 1. Схема нормального распределения с обозначением z-критерия, процентилей и соответствующей их значениям вероятности выявления патологического отклонения показателя у здорового человека [4]

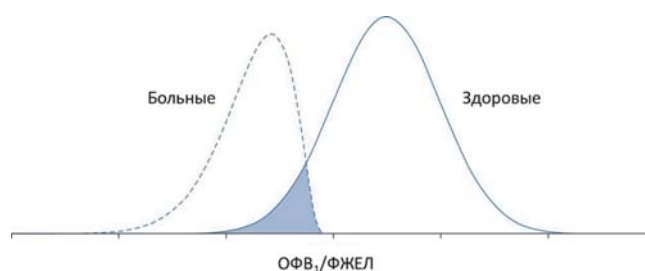


Рисунок 2. Теоретическое распределение значений отношения объема форсированного выдоха за 1 секунду к форсированной жизненной емкости легких ($ОФВ_{(1)}/ФЖЕЛ$) у здоровых и больных людей. Серым цветом обозначена «зона неопределенности» [4]

Предлагаемое понятие «зоны неопределенности» хорошо согласуется с давно существующей в отечественной клинической физиологии дыхания концепцией выделения так называемой «условной нормы»: от $\pm 1,000$ до $\pm 1,645$ SD [32]. Для клиницистов, работающих с такой системой оценки, это служит важным маркером случаев, требующих особого внимания, наблюдения и, возможно, дополнительного обследования пациента, данные которого формально остаются в пределах физиологической нормы.

Оптимальным, но не всегда возможным способом разграничить норму и патологию служит сравнение данных пациента до и после появления симптомов заболевания. Создание паспорта здоровья и внесение в него данных о функциональном состоянии дыхательной системы способствовало бы улучшению диагностики заболеваний легких.

Диапазон нормы может быть расширен в различных исследованиях, например скрининговых в общей популяции, когда изначально не предполагается большого числа отклонений. В зависимости от задач он может составлять и 95% ($\pm 1,960$ SD или z-критерий $= \pm 1,960$) и даже 98% ($\pm 2,326$ SD или z-критерий $= \pm 2,326$). Расширение нормального диапазона позволяет снизить число ложноположительных случаев. Критерии границ нормы обязательно указываются в протоколе исследования.

От практики определения границ нормы в% долж окончательно отказались:

$$\% \text{ долж} = \text{измеренная величина} / \text{должная величина} \times 100\%$$

Пороговые значения 80% долж для ОФВ₍₁₎ и 0,70 для ОФВ₍₁₎/ФЖЕЛ не рекомендуется использовать, поскольку они не являются универсальными для всех возрастных групп и только в среднем возрасте приближаются к НГН [33]. Широкое применение этих критериев приводило к систематическим ошибкам в трактовке результатов, особенно у женщин, детей и пожилых людей [34]. Например, согласно GLI 2012 НГН показателя ОФВ₍₁₎ для мужчин одного роста составляет 81% долж в 22 года и только 68% долж в 85 лет (рис. 3).

Оптимальные границы нормы не могут устанавливаться только математическими правилами, наилучший результат достигается тогда, когда они определенным образом связаны с прогнозом и рисками неблагоприятного исхода заболевания. Знаний о таких взаимосвязях очень мало, однако уже сейчас для корректной интерпретации ЛФТ эксперты рекомендуют сопоставлять функциональные и клинические данные, не ограничиваясь формальным разграничением нормы и патологического отклонения показателей от нее при помощи процентилей или z-критерия. Целью дальнейших исследований должен быть поиск критериев оценки ЛФТ для конкретных нозологий в совокупности со всеми клиническими данными.

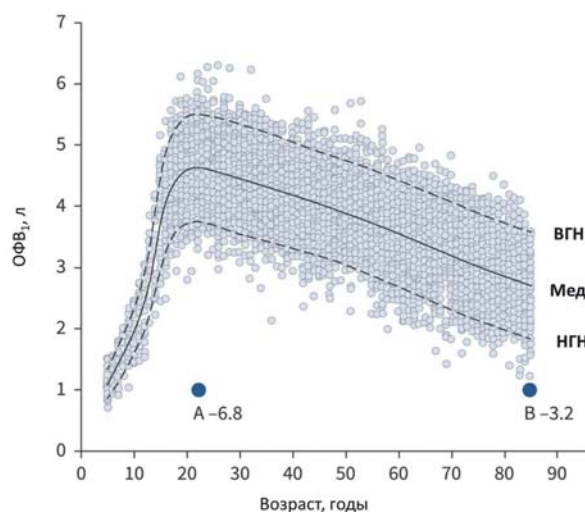


Рисунок 3. Величина объема форсированного выдоха за 1 с (ОФВ₍₁₎) у здоровых мужчин среднего роста в возрасте от 5 до 85 лет с обозначением медианы, верхней границы нормы (ВГН; 95-й перцентиль) и нижней границы нормы (НГН; 5-й перцентиль) согласно системе должных величин для показателей спирометрии Global Lung Function Initiative 2012 года (GLI 2012) [5]. НГН для мужчины в возрасте 22 лет равна 81,1% должного значения (долж), а для мужчины 85 лет такого же роста только 67,9% долж. Участники исследования А и В имеют одинаковый ОФВ₍₁₎, равный 1,0 л, но значения z-критерия у них разные: -6,8 у участника А и -3,2 для участника В [4]

Бронходилатационный тест

Клиническая значимость бронходилатационного теста заключается в оценке бронходилатационного ответа (БДО), то есть изменений дыхательной функции после воздействия бронхорасширяющего препарата. БДО рассматривается как комплексная физиологическая реакция эпителия, нервных окончаний, гладких мышц дыхательных путей, включающая выработку определенных медиаторов и другие структурные, геометрические факторы, способные влиять на поток воздуха в дыхательных путях [1, 35–37].

Оценивать БДО рекомендуется по тем же параметрам, что и раньше — по изменению ОФВ₍₁₎ или ФЖЕЛ, другим стал только количественный критерий клинически значимой реакции на бронхолитик. В новых стандартах положительным БДО предлагается считать увеличение ОФВ₍₁₎ или ФЖЕЛ более 10% относительно индивидуально рассчитанной должной величины показателя [4]:

$$\text{БДО} = (\text{показатель после бронхолитика}, \text{ л} - \text{показатель до бронхолитика}, \text{ л}) \times 100\% / \text{должная величина показателя}, \text{ л}$$

В основу поиска оптимального порогового значения для оценки БДО могут быть положены два критерия: верхний предел реакции на бронхолитик у здоровых лиц либо некое пороговое значение, превышение которого связано с возникновением клинически значимых изменений. Первая величина — верхний предел возможной реакции здорового человека может не иметь клинического значения [38]. Выбор экспертов в последних рекомендациях сделан в пользу второго критерия, поскольку данные свидетельствуют об его определенной взаимосвязи с выживаемостью, пусть и не при всех заболеваниях и не во всех возрастных группах [35, 36, 37]. Так, анализ свыше 4000 бронхолитических тестов, выполненных в условиях стационара, показал более низкую смертности среди тех, у кого БДО превышал 8% относительно должной величины в сравнении с теми, у которых БДО был ниже этого порога [39].

Известные методы предлагают оценивать изменения ОФВ₍₁₎ и ФЖЕЛ после применения бронхорасширяющего препарата либо по абсолютной разнице до и после ингаляции; либо по абсолютной разнице, соотнесенной к исходному (до ингаляции) значению показателя; либо по абсолютной разнице, соотнесенной к должной величине. Стандарты 2005 года АТО и ЕРО рекомендовали использовать комбинацию абсолютной и относительной разницы: БДО считался значимым, если изменение было не меньше 200 мл относительно исходного уровня и больше 12% [1]. Приоритетным способом расчета относительных изменений также считалось соотнесение абсолютной разницы к исходной величине показателя.

Основным недостатком такого подхода является обратно пропорциональная зависимость абсолютных и относительных изменений ОФВ₍₁₎ и ФЖЕЛ от их исходных величин, которые в свою очередь связаны с ростом, возрастом, полом как у здорового, так и у больного человека [35, 37, 39]. Поэтому в настоящий момент способ расчета БДО относительно исходного значения показателя не актуален.

Выбор сделан в пользу оценки БДО путем сопоставления разницы абсолютных значений показателя «до и после»

к его должной величине, что позволяет минимизировать зависимость результата от роста и пола пациента [35, 37, 39]. В двух эпидемиологических исследованиях верхний предел (95-й перцентиль) БДО у здоровых лиц составил 11,6% и 10,1% относительно должной величины для ОФВ₍₁₎; 10,2% и 9,6% относительно должной величины для ФЖЕЛ [36, 40]. Аналогичный предел у детей младшего возраста был равен 8,5% для показателя ОФВ_{0,75} [41]. Если величина БДО при рекомендуемом способе расчета относительно должной величины для показателей ОФВ₍₁₎ или ФЖЕЛ превышает 10%, то он считается положительным. Отмечается, что изменения ФЖЕЛ в большей степени связаны с физиологическим феноменом «воздушной ловушки» [42, 43]. Скоростные показатели форсированного выдоха, например ПОС или СОС25–75, не следует использовать для оценки БДО ввиду их большой вариабельности и существенной зависимости от величины ФЖЕЛ [1].

Пример расчета БДО:

Мужчина 50 лет, рост 170 см. До ингаляции бронхолитика ОФВ₍₁₎–2,00 л, после ингаляции — 2,40 л. Должная величина ОФВ₍₁₎–3,32 л (согласно GLI 2012).

$$\text{БДО} = (2,40 - 2,00) \times 100 / 3,32 = 12,1\%$$

Таким образом, имеет место положительная реакция на бронхолитический препарат, поскольку изменения ОФВ₍₁₎ составили более 10% относительно должной величины этого показателя.

Положительный БДО не следует считать синонимом «обратимости» обструкции дыхательных путей, которая представляет собой конкретный вариант БДО, когда после ингаляции бронхолитика соотношение ОФВ₍₁₎/ФЖЕЛ возвращается к нормальным значениям, то есть функциональные признаки первоначально имевшихся обструктивных нарушений исчезают.

Последние рекомендации не содержат ограничений по выбору бронхолитика, его дозировке, способу доставки и позволяют определять эти параметры самостоятельно в зависимости от клинической ситуации, поскольку данных о преимуществах различных комбинаций этих факторов недостаточно. Поясняется, что протокол выполнения бронходилатационного теста, изложенный в рекомендациях по проведению спирометрии АТО и ЕРО 2019 года, остается актуальным [44]. В этой части ему соответствуют и последние рекомендации Российского респираторного общества по проведению спирометрии, однако в отношении количественной оценки БДО отечественные эксперты придерживаются ранее существовавших подходов: обязательный абсолютный прирост 200 мл после ингаляции бронхолитика и увеличение не менее 12% либо относительно исходного, либо должного значения ОФВ₍₁₎ или ФЖЕЛ [45].

Дальнейшие исследования должны быть связаны с уточнением рекомендаций по оценке БДО у детей и подростков. Также важно определить влияние различных режимов использования препаратов, особенно их дозировки, на результат. Перспективными направлениями представляются изучение взаимосвязи БДО с клиническими исходами заболеваний (помимо выживаемости) и возможности использования БДО в дифференциальной диагностике различных типов поражения дыхательных путей. Кроме того, необходимы

новые данные о влиянии бронхолитических препаратов на легочные объемы, показатели газообмена и бронхиального сопротивления.

Список литературы / References

- Pellegrino R., Viegi G., Brusasco V., Crapo R.O., Burgos F., Casaburi R., Coates A., Van der Grinten C.P.M., Gustafsson P., Hankinson J., Jensen R., Johnson D.C., MacIntyre N., McKay R., Miller M.R., Navajas D., Pedersen O.F., Wangeret J. Interpretative strategies for lung function tests. *Eur. Respir. J.* 2005; 25: 948–968. <https://doi.org/10.1183/09031936.05.00035205>
- Topalovic M., Laval S., Aerts J.-M., Troosters T., Decramer M., Janssens W. Automated interpretation of pulmonary function tests in adults with respiratory complaints. *Respiration*. 2017; 93: 170–178. <https://doi.org/10.1159/000454956>
- Каменева М.Ю., Тишков А.В., Трофимов В.И. Нерешенные вопросы диагностики рестриктивного типа вентиляционных нарушений. Пульмонология. 2015; 25 (3): 363–367. <https://doi.org/10.18093/0869-0189-2015-25-3-363-367>
- Kameneva M.Yu., Tishkov A.V., Trofimov V.I. Unresolved issues of diagnosis of restrictive ventilation disorders. *Pulmonologiya*. 2015; 25(3): 363–367. (in Russ.) <https://doi.org/10.18093/0869-0189-2015-25-3-363-367>
- Stanojevic S., Kaminsky D.A., Miller M., Thompson B., Aliverti A., Barjaktarevic I., Cooper B.G., Culver B., Derom E., Hall G.L., Hallstrand T.S., Leuppi J.D., MacIntyre N., McCormack M., Rosenfeld M., Swenson E.R. ERS/ATS technical standard on interpretive strategies for routine lung function tests. *Eur. Respir. J.* 2022; 60 (1): 2101499. <https://doi.org/10.1183/13993003.2101499-2021>
- Quanjer P.H., Stanojevic S., Cole T.J., Baur X., Hall G.L., Culver B.H., Enright P.L., Hankinson J.L., Ip M.S.M., Zheng J., Stocks J. and the ERS Global Lung Function Initiative. Multi-ethnic reference values for spirometry for the 3–95-yr age range: the global lung function 2012 equations. *Eur. Respir. J.* 2012; 40(10): 1324–1343. <https://doi.org/10.1183/09031936.00080312>
- Langhammer A., Johannessen A., Holmen T.L., Melbye H., Stanojevic S., Lund M.B., Melsom M.N., Bakke P., Quanjer P.H. Global Lung Function Initiative 2012 reference equations for spirometry in the Norwegian population. *Eur. Respir. J.* 2016; 48: 1602–1611. <https://doi.org/10.1183/13993003.00443-2016>
- Busi L.E., Sly P.D. Validation of the GLI-2012 spirometry reference equations in Argentinian children. *Pediatr. Pulmonol.* 2018; 53: 204–208. <https://doi.org/10.1002/ppul.23923>
- Hall G.L., Thompson B.R., Stanojevic S., Abramson M.J., Beasley R., Coates A., Dent A., Eckert B., James A., Filsell S., Musk A.W., Nolan G., Dixon B., O'Dea C., Savage J., Stocks J., Swanney M.P. The Global Lung Initiative 2012 reference values reflect contemporary Australasian spirometry. *Respirology*. 2012; 17: 1150–1151. <https://doi.org/10.1111/j.1440-1843.2012.02232.x>
- Quanjer P.H., Kubota M., Kobayashi H., Omori H., Tatsumi K., Kanazawa M., Stanojevic S., Stocks J., Cole T.J. Secular changes in relative leg length confound height-based spirometric reference values. *Chest*. 2015; 147: 792–797. <https://doi.org/10.1378/chest.14-1365>
- Smith S.J., Gray D.M., MacGinty R.P., Hall G.L., Stanojevic S., Mphahlele R., Masekela R. Choosing the Better Global Lung Initiative 2012 Equation in South African Population Groups. *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* 2020; 202: 1724–1727. <https://doi.org/10.1164/rccm.202005-2085LE>
- Sonnappa S., Lum S., Kirkby J., Bonner R., Wade A., Subramanya V., Lakshman P.T., Rajan B., Nooyi S.C., Stocks J. Disparities in pulmonary function in healthy children across the Indian urban-rural continuum. *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* 2015; 191: 79–86. <https://doi.org/10.1164/rccm.201406-1049OC>
- Stanojevic S., Graham B.L., Cooper B.G., Bruce R., Thompson B.R., Carter K.W., Francis R.W., Graham L., Hall G.L. on behalf of the Global Lung Function Initiative TLCO working group. Official ERS technical standards: Global Lung Function Initiative reference values for the carbon monoxide transfer factor for Caucasians. *Eur. Respir. J.* 2017; 50: 1700010. <https://doi.org/10.1183/13993003.00010-2017>
- Hall G.L., Filipow N., Ruppel G., Okitika T., Thompson B., Kirkby J., Steenbruggen I., Cooper B.G., Stanojevic S. on behalf of the contributing GLI Network members. Official ERS technical standard: Global Lung Function Initiative reference values for static lung volumes in individuals of European ancestry. *Eur. Respir. J.* 2021; 57: 2000289. <https://doi.org/10.1183/13993003.00289-2020>
- Jones R.L., Nzekwu M.M. The effects of body mass index on lung volumes. *Chest*. 2006; 130: 827–833. <https://doi.org/10.1378/chest.130.3.827>
- Littleton SW, Tulaimat A. The effects of obesity on lung volumes and oxygenation. *Respir Med* 2017; 124: 15–20. <https://doi.org/10.1016/j.rmed.2017.01.004>
- Winck A.D., Heinzmann-Filho J.P., Soares R.B., da Silva J.S., Woszezenki C.T., Zanatta L.B. Effects of obesity on lung volume and capacity in children and adolescents: a systematic review. *Rev. Paul. Pediatr.* 2016; 34: 510–517. <https://doi.org/10.1016/j.rpped.2016.02.008>
- Saliman J.A., Benditt J.O., Flum D.R., Oelschlaeger B.K., Dellinger E.P., Goss C.H. Pulmonary function in the morbidly obese. *Surg. Obes. Relat. Dis.* 2008; 4: 632–639. <https://doi.org/10.1016/j.soard.2008.06.010>
- Tan E.K., Tan E.L. Alterations in physiology and anatomy during pregnancy. *Best Pract. Res. Clin. Obstet. Gynaecol.* 2013; 27: 791–802. <https://doi.org/10.1016/j.bpobgyn.2013.08.001>
- McAuliffe F., Kametas N., Costello J., Rafferty G.F., Greenough A., Nicolaidis K. Respiratory function in singleton and twin pregnancy. *B. J. O. G.* 2002; 109: 765–769. <https://doi.org/10.1111/j.1471-0528.2002.01515.x>

20. Graham B.L., Brusasco V., Burgos F., Cooper B.G., Jensen R., Kendrick A., MacIntyre N.R., Thompson B.R., Wanger J. 2017 ERS/ATS Standards for single-breath carbon monoxide uptake in the lung. *Eur. Respir. J.* 2017; 49: 1600016. <https://doi.org/10.1183/13993003.00016-2016>
21. Hankinson J.L., Odencratz J.R., Fedan K.B. Spirometric reference values from a sample of the general US population. *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* 1999; 159: 179–187. <https://doi.org/10.1164/ajrccm.159.1.9712108>
22. Huprikar N.A., Holley A.B., Skabelund A.J., Hayes J.A., Hiles P.D., Aden J.K., Morris M.J., Hersh A.M. A Comparison of Global Lung Initiative 2012 with Third National Health and Nutrition Examination Survey Spirometry Reference Values. Implications in Defining Obstruction. *Annals of the American Thoracic Society*. 2019; 16: 225–230. <https://doi.org/10.1513/AnnalsATS.201805-317OC>
23. Miller M.R., Thinggaard M., Christensen K., Pedersen O.F., Sigsgaard T. Best lung function equations for the very elderly selected by survival analysis. *Eur. Respir. J.* 2014; 43: 1338–1346. <https://doi.org/10.1183/09031936.00100313>
24. Linares-Perdomo O., Hegewald M., Collingridge D.S., Blagev D., Jensen R.L., Hankinson J., Morris A.H. Comparison of NHANES III and ERS/GLI 12 for airway obstruction classification and severity. *Eur. Respir. J.* 2016; 48: 133–141. <https://doi.org/10.1183/13993003.01711-2015>
25. Quanjer P.H., Tammeling G.J., Cotes J.E., Pedersen O.F., Peslin R., Yernault J.-C. Lung volumes and forced ventilatory flows. Report Working Party Standardization of Lung Function Tests, European Community for Steel and Coal. Official Statement of the European Respiratory Society. *Eur. Respir. J.* 1993; 6: (16): 5–40. <https://doi.org/10.1183/09041950.005s1693>
26. Quanjer P.H., Brazzale D.J., Boros P.W., Pretto J.J. Implications of adopting the Global Lungs Initiative 2012 all-age reference equations for spirometry. *Eur. Respir. J.* 2013; 42: 1046–1054. <https://doi.org/10.1183/09031936.00195512>
27. Hulo S., de Broucker V., Giovannelli J., Cherot-Kornobis N., Neve V., Sobaszek A., Dauchet L., Edme J.L. Global Lung Function Initiative reference equations better describe a middle aged, healthy French population than the European Community for Steel and Coal values. *Eur. Respir. J.* 2016; 48: 1779–1781. <https://doi.org/10.1183/13993003.00606-2016>
28. Клемент Р.Ф., Лаврушин А.А., Тер-Погасян П.А., Котегов Ю.М. Инструкция по применению формул и таблиц должных величин основных спирометрических показателей. А., 1986. 79 с. Klement R.F., Lavrushin A.A., Ter-Pogasyan P.A., Kotegov Yu.M. Users instructions of main spirometry indexes predicted values formulas and tables. Leningrad, 1986. 79 p. (in Russ.).
29. Каменева М.Ю., Тишков А.В., Быхова А.В., Похазникова М.А., Трофимов В.И. Анализ согласованности некоторых референсных систем при интерпретации результатов спирометрии. Российский семейный врач. 2012; 16(2): 23–28. Kameneva M.Yu., Tishkov A.V., Bykhova A.V., Pokhaznikova M.A., Trofimov V.I. Consistency analysis of some reference systems in the interpretation of spirometry. *Russian family doctor*. 2012; 16(2): 23–28. (in Russ.)
30. Стручков П.В., Кирихина А.Д., Дроздов Д.В., Шельякалина С.П., Маничев И.А. Должные величины при исследовании функции внешнего дыхания. Разные должные — разные заключения? Современная функциональная диагностика. 2021; 15: 22–27. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2021-15-22-26> Struchkov P.V., Kiryukhina A.D., Drozdov D.V., Shchelyakalina S.P., Manichev I.A. Different predicted values — different conclusions? *Medical alphabet*. 2021; 15(2): 22–26. (in Russ.) <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2021-15-22-26>
31. Quanjer P.H., Stanojevic S. Do the Global Lung Function Initiative 2012 equations fit my population? *Eur. Respir. J.* 2016; 48: 1782–1785. <https://doi.org/10.1183/13993003.01757-2016>
32. Руководство по клинической физиологии дыхания / под ред. А.Л. Шика, Н.Н. Канаева. М.: Медицина, 1980. 376 с. Manual of clinical respiratory physiology. Shik L.L., Kanaev N.N., editors. Moscow: Meditsina, 1980. 376 p. (in Russ.).
33. Swanney M.P., Ruppel G., Enright P.L., Pedersen O.F., Crapo R.O., Miller M.R., Jensen R.L., Falascheff E., Schouten J.P., Hankinson J.L., Stocks J., Quanjer P.H. Using the lower limit of normal for the FEV1/FVC ratio reduces the misclassification of airway obstruction. *Thorax*. 2008; 63: 1046–1051. <https://doi.org/10.1136/thx.2008.098483>
34. Miller M.R., Quanjer P.H., Swanney M.P., Ruppel G., Enright P.L. Interpreting lung function data using 80% predicted and fixed thresholds misclassifies more than 20% of patients. *Chest*. 2011; 139: 52–59. <https://doi.org/10.1378/chest.10-0189>
35. Chhabra S.K. Acute bronchodilator response has limited value in differentiating bronchial asthma from COPD. *J. Asthma*. 2005; 42(5): 367–372. <https://doi.org/10.1081/JAS-62992>
36. Quanjer P.H., Ruppel G.L., Langhammer A., Krishna A., Mertens F., Johannessen A., Menezes A.M.B., Wehrmeister F.C., Perez-Padilla R., Swanney M.P., Tan W.C., Bourbeau J. Bronchodilator response in FVC is larger and more relevant than in FEV1 in severe airflow obstruction. *Chest*. 2017; 151(5): 1088–1098. <https://doi.org/10.1016/j.chest.2016.12.017>
37. Barjaktarevic I., Kaner R., Buhr R.G., Cooper C.B. Bronchodilator responsiveness or reversibility in asthma and COPD — a need for clarity. *Int. J. Chron. Obstruct. Pulmon. Dis.* 2018; 13: 3511–3513. <https://doi.org/10.2147/COPD.S183736>
38. Barjaktarevic I.Z., Buhr R.G., Wang X., Hu S., Couper D., Anderson W., Kanner R.E., Paine Ili R., Bhatt S.P., Bhakta N.R., Arjomandi M., Kaner R.J., Pirozzi C.S., Curtis J.L., O'Neal W.K., Woodruff P.G., Han M.K., Martinez F.J., Hansel N., Wells J.M., Ortega V.E., Hoffman EA, Doerschuk C.M., Kim V., Dransfield M.T., Drummond M.B., Bowler R., Criner G., Christenson S.A., Ronish B., Peters S.P., Krishnan J.A., Tashkin D.P., Cooper C.B. Clinical significance of bronchodilator responsiveness evaluated by forced vital capacity in COPD: SPIROMICS cohort analysis. *Int. J. Chron. Obstruct. Pulmon. Dis.* 2019; 14: 2927–2938. <https://doi.org/10.2147/COPD.S220164>
39. Ward H., Cooper B.G., Miller M.R. Improved criterion for assessing lung function reversibility. *Chest*. 2015; 148(4): 877–886. <https://doi.org/10.1378/chest.14-2413>
40. Tan W.C., Vollmer W.M., Lamprecht B., Mannino D.M., Jithoo A., Nizankowska-Mogilnicka E., Mejza F., Gislason T., Burney P.G., Buist A.S., Group BCR. Worldwide patterns of bronchodilator responsiveness: results from the Burden of Obstructive Lung Disease study. *Thorax*. 2012; 67(8): 718–726. <https://doi.org/10.1136/thoraxjnl-2011-201445>
41. Burity E.F., Pereira C.A., Jones M.H., Sayao L.B., Andrade A.D., Brito M.C. Bronchodilator response cut-off points and FEV0.75 reference values for spirometry in preschoolers. *J. Bras. Pneumol.* 2016; 42(5): 326–332. <https://doi.org/10.1590/S1806-37562015000000216>
42. Chen C., Jian W., Gao Y., Xie Y., Song Y., Zheng J. Early COPD patients with lung hyperinflation associated with poorer lung function but better bronchodilator responsiveness. *Int. J. Chron. Obstruct. Pulmon. Dis.* 2016; 11: 2519–2526. <https://doi.org/10.2147/COPD.S110021>
43. Lee J.S., Huh J.W., Chae E.J., Seo J.B., Ra S.W., Lee J.H., Kim E.K., Lee Y.K., Kim T.H., Kim W.J., Lee J.H., Lee S.M., Lee S., Lim S.Y., Shin T.R., Yoon H.I., Sheen S.S., Oh Y.M., Lee S.D. Response patterns to bronchodilator and quantitative computed tomography in chronic obstructive pulmonary disease. *Clin. Physiol. Funct. Imaging* 2012; 32: 12–18. <https://doi.org/10.1111/j.1475-097X.2011.01046.x>
44. Graham B.L., Steenbruggen I., Miller M.R., Barjaktarevic I.Z., Cooper B.G., Hall G.L., Hallstrand T.S., Kaminsky D.A., McCarthy K., McCormack M.C., Oropez C.E., Rosenfeld M., Stanojevic S., Swanney M.P., Thompson B.R. on behalf of the American Thoracic Society and the European Respiratory Society. Standardization of spirometry 2019. Update an official American Thoracic Society and European Respiratory Society technical statement. *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* 2019; 200(8): e70–e88. DOI: 10.1164/rccm.201908-1590ST
45. Айсанов З.Р., Каменева М.Ю., Черняк А.В., Перельман Ю.М., Приходько А.Г., Чушкин М.И., Калманова Е.Н., Авдеев С.Н., Белевский А.С., Чикина С.Ю., Кравченко Н.Ю. Спирометрия. Методическое руководство Российского респираторного общества. М., 2021. URL: https://spulmo.ru/upload/spirometriya_16_12_2021_extEd.pdf?1 Aysanov Z.R., Kameneva M.Yu., Chernyak A.V., Perelman J.M., Prikhodko A.G., Chushkin M.I., Kalmanova E.N., Avdeev S.N., Belevskiy A.S., Chikina S.Yu., Kravchenko N.Yu. Spirometry. Guidelines of Russian Respiratory Society, Moscow, 2021 (in Russ.) URL: https://spulmo.ru/upload/spirometriya_16_12_2021_extEd.pdf?1

Сведения об авторах

Каменева Марина Юрьевна, доктор медицинских наук, ведущий научный сотрудник Научно-исследовательского института ревматологии и аллергологии Научно-клинического исследовательского центра. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3832-8485>
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет имени академика И.П. Павлова» Министерства здравоохранения Российской Федерации
Контактные данные автора: E-mail: kmju@mail.ru

About authors

Marina Yurevna Kameneva, MD, PhD, DSc (Med.), Leading researcher, Research Institute of rheumatology and allergology, Scientific and clinical research center. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3832-8485>
Pavlov First Saint Petersburg State Medical University
Corresponding author: E-mail: kmju@mail.ru

Статья поступила / Received 28.08.2022
Получена после рецензирования / Revised 22.09.2022
Принята в печать / Accepted 22.09.2022

Для цитирования: Каменева М.Ю. Новые международные рекомендации по интерпретации легочных функциональных тестов (Часть 1). Медицинский алфавит. 2022; 20(2): 16–22. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2022-20-16-22>

For citation: Kameneva M. Yu. New international technical standard on interpretive strategies for lung function tests (Part 1). Medical alphabet. 2022; 20(2): 16–22. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2022-20-16-22>



Взаимосвязь параметров деформации левого предсердия с рецидивом фибрилляции предсердий после кардиоверсии

И. А. Аршинова¹, М. Г. Полтавская¹, В. П. Седов¹, А. А. Богданова^{1,2}, А. Ю. Суворов¹, А. Ю. Кучина¹

¹ ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И. М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский университет)

² ГБУЗ гор. Москвы «Городская клиническая больница № 1 им. Н. И. Пирогова Департамента здравоохранения города Москвы»

РЕЗЮМЕ

Цель. Оценить корреляцию значений деформации левого предсердия (ЛП) у больных с фибрилляцией предсердий (ФП), подвергшихся кардиоверсии (КВ), с рецидивом ФП, госпитализацией или смертью в ранние и поздние сроки после проведения кардиоверсии.

Материал и методы. Обследовано 85 пациентов Университетской клинической больницы № 1 Сеченовского Университета: 30 мужчин (35,3%) и 55 женщин (64,7%), средний возраст 70±8 лет. Пациентам при поступлении в стационар после КВ проводили спекл-трекинг ЭхоКГ, определяли параметры деформации ЛП и индекс жесткости ЛП; через 1, 3, 6 мес выявляли рецидив ФП, факт госпитализации по сердечно-сосудистым причинам, смерть.

Результаты. За время наблюдения умерло 4 человека, зарегистрировано 37 госпитализаций в связи с рецидивом ФП, у семерых развилась длительно персистирующая/постоянная форма ФП. Предикторами, ассоциированными с наступлением неблагоприятных событий на 3-м месяце, явились: снижение негативного пика в 4-камерной позиции (отношение шансов (ОШ) 1,26, 95% доверительный интервал (ДИ) 1,05, 1,51; $p=0,009$), снижение деформации ЛП в 4-камерной позиции (ОШ 0,85, ДИ 0,75, 0,96; $p=0,007$), снижение позитивных пиков стрейна в 4-камерной позиции (ОШ 0,44, ДИ 0,25, 0,77; $p<0,001$). При анализе данных шестого месяца наблюдения предикторами явились: снижение негативного пика стрейн в 4-камерной (ОШ 1,33, ДИ 1,05, 1,69, $p=0,009$) и 2-камерной (ОШ 1,23, ДИ 1,01, 1,5; $p=0,029$) позициях, снижение глобального продольного стрейна ЛП (ОШ 0,83, ДИ 0,72, 0,95; $p=0,004$), высокий индекс жесткости левого предсердия (ОШ 15,3, ДИ 6,56, 35,9; $p<0,001$).

Заключение. Оценка параметров деформации ЛП может быть перспективной у пациентов с ФП после КВ, поскольку их снижение хорошо коррелирует с риском наступления неблагоприятных событий в отдаленном периоде (3 и 6 месяцев после КВ).

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: фибрилляция предсердий, кардиоверсия, спекл-трекинг эхокардиография, деформация левого предсердия, индекс жесткости левого предсердия.

Correlation of left atrial strain with the recurrence of atrial fibrillation after cardioversion

I. A. Arshinova¹, M. G. Poltavskaya¹, V. P. Sedov¹, A. A. Bogdanova^{1,2}, A. Y. Suvorov¹, A. Y. Kuchina¹

¹ Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education First Moscow State Medical University named after I. M. Sechenov of the Ministry of Health of the Russian Federation (Sechenov University)

² State Budgetary Healthcare Institution of the city of Moscow 'Pirogov City Clinical Hospital No.1 of the Department of Health of Moscow'

SUMMARY

Aim. To evaluate the correlation of values of left atrial (LA) strain in patients with atrial fibrillation (AF) who underwent cardioversion (CV) with AF recurrence, hospitalization or death in early and late periods after cardioversion.

Material and methods. 85 patients of the University Clinical Hospital No. 1 of Sechenov University were examined: 30 men (35.3%) and 55 women (64.7%), the average age was 70 ± 8 years. All patients underwent speckle tracking, the parameters of LA strain and LA stiffness index were determined upon admission to the hospital after CV; after 1, 3, 6 months, a relapse of AF, the fact of hospitalization for cardiovascular reasons, and death were detected.

Results. 4 people died during the follow-up, 37 hospitalizations were registered due to a relapse of AF, 7 developed a long-term persistent/permanent form of AF. The predictors associated with the onset of adverse events at the 3rd month were: reduction of the negative peak in the 4-chamber position (risk ratio (HR) 1.26, 95% confidence interval (CI) 1.05, 1.51; $p=0.009$), reduction of LA strain in the 4-chamber position (HR 0.85, CI 0.75, 0.96; $p=0.007$), reduction of positive strain peaks in the 4-chamber (HR 0.44, CI 0.25, 0.77; $p<0.001$) position. When analyzing the data of the sixth month of observation, the predictors were: reduction of negative strain peak in 4-chamber (HR 1.33, CI 1.05, 1.69, $p=0.009$) and 2-chamber (HR 1.23, CI 1.01, 1.5; $p=0.029$) positions, reduction of global longitudinal strain LA (HR 0.83, CI 0.72, 0.95; $p=0.004$), high left atrial stiffness index (HR 15.3, CI 6.56, 35.9; $p<0.001$).

Conclusion. Evaluation of LA strain parameters during speckle-tracking may be promising in patients with AF after CV, since their decrease correlates well with the risk of adverse events in the long-term periods (3 and 6 months after CV).

KEY WORDS: atrial fibrillation, cardioversion, speckle tracking, left atrial strain, left atrial stiffness index.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

ФП — фибрилляция предсердий, ЛП — левое предсердие, ДИ — доверительный интервал, ОШ — отношение шансов, КВ — кардиоверсия, ХСН — хроническая сердечная недостаточность, ЭКГ — электрокардиограмма, ЭхоКГ — эхокардиография, ЛЖ — левый желудочек, ИММ-ЛЖ — индекс массы миокарда левого желудочка, ИБС — ишемическая болезнь сердца, ГБ — гипертоническая болезнь, КТ — конечная точка, LA SI — left atrial stiffness index, индекс жесткости левого предсердия, ИМТ — индексу массы тела, ППТ — площадь поверхности тела, АД — артериальное давление, ЭИТ — электроимпульсная терапия, САД — систолическое артериальное давление, СКФ — скорость клубочковой фильтрации, СД — сахарный диабет.

ВСТУПЛЕНИЕ

Рецидивирование фибрилляции предсердий (ФП) после успешно проведенной кардиоверсии (КВ) составляет около 60% вследствие предсердного ремоделирования [1]. В связи с высоким клиническим и экономическим значением этой распространенной аритмии [2] становится актуальным поиск предикторов, которые помогают выделить пациентов группы высокого риска рецидивирования ФП. В последние два десятилетия получила распространение неинвазивная методика оценки сократимости, спекл-трекинг ЭхоКГ. При этом в большей степени известно о деформации левого желудочка (ЛЖ) при различных сердечно-сосудистых патологиях, а о деформации левого предсердия (ЛП) и жесткости ЛП накоплено намного меньше данных [3]. Предполагается, что у больных с рецидивирующей ФП регистрируется снижение глобальной продольной деформации ЛП.

Целью данного исследования является анализ различных исходов — таких как рецидивирование ФП, госпитализация и смертность — в ближайшем и отдаленном периоде после КВ в сопоставлении с клиническими, лабораторными и инструментальными данными (в том числе, параметрами деформации ЛП), полученными сразу после КВ.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

С сентября 2017 по май 2019 включено 85 пациентов с впервые выявленным или очередным устойчивым пароксизмом ФП, которым на базе Университетской клинической больницы (УКБ) № 1 Сеченовского Университета была выполнена кардиоверсия.

Критериями исключения послужили беременность, острый коронарный синдром, выраженные клапанные пороки сердца, систолическое давление легочной артерии более 60 мм рт.ст., возраст младше 18 лет, психические нарушения, препятствующие проведению исследования, онкологические заболевания, декомпенсированный тиреотоксикоз.

Всем пациентам был уточнен анамнез течения аритмии и сопутствующих заболеваний, выполнен физикальный осмотр и проведены анализы крови (общий, биохимический, на содержание тиреотропных гормонов).

Тип аритмии (ФП) верифицирован в соответствии с электрокардиографической картиной (ЭКГ) и данными анамнеза. ЭКВ осуществлялась после неэффективной МКВ в условиях отделения реанимации и интенсивной терапии (ОРИТ) Университетской клинической больницы № 1 Сеченовского университета под контролем врачей-реаниматологов. КВ считалась успешной после прекращения ФП, нормализации предсердной активности и появления устойчивого синусового ритма на серии последовательных ЭКГ.

Все пациенты подписали информированное согласие на использование клинических данных. Протокол исследования одобрен Локальным Этическим комитетом.

Всем пациентам выполняли трансторакальную эхокардиографию (ЭхоКГ). Были проанализированы стандартные эхокардиографические данные: объем ЛП, индекс объема ЛП, систолическая и диастолическая функции ЛЖ, индекс массы миокарда (ИММ) ЛЖ.

Для оценки глобальной деформации ЛП (стрейн, strain) в формате DICOM были проанализированы двумерные эхо-

кардиограммы. В нашем исследовании при анализе предсердных пиков отсчет начинался от зубца Р на ЭКГ, при этом на кривой стрейна учитывался отрицательный пик, отражающий максимальную деформацию ЛП в систолу предсердий (фаза сокращения, %), и последующий положительный пик, соответствующий максимальной деформации ЛП в фазе накопления (%). Кроме того, в исследовании оценивалось среднее (глобальное) значение максимальной деформации миокарда ЛП по 12-ти сегментам ЛП, включая 6 сегментов четырехкамерной позиции и 6 сегментов двухкамерной позиции в фазы накопления (%) и сокращения ЛП (%). В последующем производился расчет индекса жесткости левого предсердия (left atrial stiffness index, LASI), формула для расчета представляет собой отношение E/E' к глобальной деформации левого предсердия.

Период наблюдения включал в себя шесть месяцев. Все пациенты были осмотрены через один, три и шесть месяцев после проведения кардиоверсии и включения в исследование. Первичной конечной точкой (КТ) являлось развитие пароксизма ФП. Вторичная КТ включала в себя госпитализацию в стационар терапевтического или кардиологического профиля в связи с развитием устойчивого к медикаментозной терапии рецидива ФП или обострением хронического течения сердечно-сосудистой патологии (ХСН, рецидив ФП, ИБС, ГБ), а также смерть пациента.

Пароксизм ФП подтверждался по характерным изменениям на ЭКГ при обращении к врачу амбулаторно или при суточном мониторингировании по Холтеру.

Клинические, лабораторные и инструментальные данные пациентов при первом поступлении были проанализированы в совокупности с наступлением первичных конечных точек в ближайшем и отдаленном периодах наблюдения.

Статистическая обработка данных проводилась с использованием статистического пакета R (v.3.6.0). Для количественных признаков, распределение которых было отличным от нормального, непрерывные переменные представлены в виде медианы, нижнего и верхнего квартилей (Me [25%; 75%]). Различия по количественным признакам оценены с помощью U-критерия Манна-Уитни. Для категориальных признаков представлены количества наблюдений/признаков и долевые соотношения. Различия по качественным признакам оценены с помощью критерия χ^2 Пирсона с поправкой Йейтса на непрерывность, при его неприменимости — с помощью точного теста Фишера. Для определения основных предикторов риска рецидивирования пароксизмов ФП проведен однофакторный регрессионный анализ. Для каждого показателя рассчитан полученный относительный риск.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Для изучения особенностей течения аритмии были включены 85 пациентов. 15 пациентов были исключены из исследования в связи с отсутствием удовлетворительного акустического окна при трансторакальной ЭхоКГ и невозможностью оценить глобальную деформацию с помощью программы QLAB (Echo Pac, GE, USA) на ультразвуковом аппарате GE Vivid 7 Dimension.

Группы были в целом сопоставимы по возрасту, индексу массы тела (ИМТ), по частоте установленного диагноза ишемической болезни сердца (ИБС), гипертонической болезни

(ГБ), уровню артериального давления (АД) на момент осмотра, индекса массы тела (ИМТ) и площадь поверхности тела (ППТ), курению. Клиническая характеристика пациентов представлена в таблице 1; более полное описание результатов, полученных после кардиоверсии, представлено в нашей предыдущей статье [4].

При выписке из стационара всем пациентам была рекомендована оптимальная медикаментозная терапия.

На первом месяце исследования пароксизм ФП был зарегистрирован у 33 пациентов (38,8%), госпитализировано 6 (7,06%), умерших не было. В течение первого месяца наблюдения не получено достоверной связи наступления неблагоприятного события в виде рецидивирования аритмии или госпитализации с первичными клинико-анамнестическими данными пациентов.

Статистический анализ неблагоприятных событий, наступивших на третьем и шестом месяцах исследования, выявил факторы, оказывающие влияние на риск возникновения нового пароксизма ФП, а также госпитализации по сердечно-сосудистым причинам и смертности.

Результаты третьего месяца наблюдений изложены в таблицах 2 и 3. На третьем месяце исследования пароксизм ФП был зарегистрирован у 46 пациентов (54,1%), госпитализированы 9 (10,6%), один человек умер (1,18%).

Результаты шестого месяца наблюдений изложены в таблицах 4 и 5.

На шестом месяце исследования пароксизм ФП был зарегистрирован у 46 пациентов (54,1%), госпитализированы 22 (26,2%), умерло двое (2,41%).

Из всех анализируемых факторов — клинических, лабораторных и эхокардиографических — стрейн ЛПП имел наибольшую предсказательную ценность ($p < 0,001$). Снижение параметров деформации ЛПП наблюдалось примерно в равной степени как у пациентов после ЭКВ, так и у пациентов с МКВ. Обнаружена высокая корреляция между снижением всех параметров стрейна (негативные, позитивные пики, деформация в четырехкамерной и двухкамерной позициях, а также глобальная деформация ЛПП) и индекса жесткости ЛПП и наступлением конечных точек в 3 и 6 месяцев.

Обсуждение

В данном проспективном исследовании изучались клинические исходы у пациентов с ФП в сопоставлении с показателями механической функции ЛПП после КВ. Согласно результатам многофакторного анализа были выявлены «тревожные звонки» в отношении возврата аритмии или госпитализации после КВ: анамнестические указания на частое рецидивирование ФП и применение ЭИТ; изменения в лабораторных анализах при поступлении в стационар — повышенный уровень гликемии, сниженная СКФ; наличие систолической и/или диастолической дисфункции, повышенные индексированные значения объема ЛПП и массы миокарда ЛЖ; снижение параметров спекл-трекинг ЭхоКГ и высокий индекс жесткости ЛПП.

Предсказательное значение стрейна у больных с ФП изучается для рациональной стратификации риска рецидива ФП. В большей степени накоплены данные по деформации ЛПП после радиочастотной абляции (РЧА) — показано, что он действительно предсказывает развитие пароксизма ФП у та-

Таблица 1
Клиническая характеристика обследованных пациентов

Параметр	Пациенты (N=85)
Возраст, годы	70,0 [62,0; 78,0]
ИМТ, кг/м ²	29,1 [26,4; 32,9]
Мужчины, n (%)	30 (35,3%)
Курение, n (%)	22 (25,9%)
САД, мм рт.ст.	130 [125; 140]
Гипертония, n (%)	80 (94,1%)
ИБС, n (%)	19 (22,4%)
Инфаркт миокарда в анамнезе, n (%)	6 (7,06%)
Сахарный диабет, n (%)	18 (21,2%)
ХСН, n (%)	9 (10,6%)

Таблица 2
Появление пароксизмов ФП через 3 месяца

Фактор	Отношение шансов и его 95% доверительный интервал (ДИ)	Значимость, p
ЭИТ в анамнезе	2,77 (1,06, 7,22)	0,034
Рецидивы ФП раз в 2–3 месяца в анамнезе	6,58 (1,35, 32,04)	0,020
Впервые выявленная ФП	0,09 (0,02, 0,45)	0,003
Гликемия на момент поступления	1,68 (1,02, 2,77)	0,026
Индекс массы миокарда ЛЖ	1,02 (1, 1,04)	0,027
Негативный пик (4к)	1,26 (1,05, 1,51)	0,009
Деформация ЛП (4к)	0,85 (0,75, 0,96)	0,007
Деформация ЛП (biplane)	0,88 (0,78, 0,98)	0,020
LASI	26,22 (1,53, 44,95)	0,017

Таблица 3
Госпитализация в стационар по сердечно-сосудистым причинам, смерть через 3 месяца

Фактор	Отношение шансов и его 95% ДИ	Значимость, p
ЭИТ в анамнезе	17,0 (1,93, 49,85)	0,011
Рецидивы ФП раз в неделю в анамнезе	13,09 (1,02, 67,66)	0,048
Гликемия на момент поступления	1,88 (1,04, 3,41)	0,038
Диастолическая дисфункция I степени	4,99 (1,07, 23,32)	0,041
Индексированный объем ЛП	1,05 (1, 1,1)	0,042
Пик E импульсно-волнового доплера на трансмитральном потоке	0,92 (0,87, 0,99)	0,017
Негативный пик (2к)	1,64 (1,07, 2,52)	0,004
Положительный пик (4к)	0,44 (0,25, 0,77)	<0,001
Положительный пик (2к)	0,53 (0,34, 0,82)	<0,001
Деформация ЛП (4к)	0,74 (0,58, 0,94)	0,004
Деформация ЛП (2к)	0,63 (0,52, 0,9)	<0,001

Таблица 4
Появление пароксизмов ФП через 6 месяцев

Фактор	Отношение шансов и его 95% доверительный интервал (ДИ)	значимость, р
ЭИТ в анамнезе	2,77 (1,06, 7,22)	0,034
Рецидивы ФП раз в 2–3 месяца в анамнезе	6,58 (1,35, 32,04)	0,020
Впервые выявленная ФП	0,09 (0,02, 0,45)	0,003
Гликемия на момент поступления	1,68 (1,02, 2,77)	0,026
Индекс массы миокарда ЛЖ	1,02 (1, 1,04)	0,027
Негативный пик (4к)	1,26 (1,05, 1,51)	0,009
Деформация ЛП (4к)	0,85 (0,75, 0,96)	0,007
Деформация ЛП (biplane)	0,88 (0,78, 0,98)	0,020
LASI	26,22 (1,53, 44,95)	0,017

ких больных [5]. Еще больше клинических данных накоплено относительно деформации ЛЖ [6]. Работ, которые посвящены поддержанию синусового ритма после КВ, достаточно мало и они единичные.

Сократимость и жесткость предсердий являются важными факторами, определяющими насосную и резервуарную функции сердца [7]. В нашем исследовании получилось, что стрейн предсказывает ФП в дополнение к общепризнанным факторам, предсказывающим ФП. У индекса жесткости ФП оказалась еще более тесная ассоциация с рецидивом ФП — для подтверждения выявленной корреляции нужны более крупные проспективные исследования.

КВ является эффективным, но не всегда долговременным способом восстановить синусовый ритм [1]. В данном исследовании анамнестическое указание на использование ЭИТ явилось индикатором более упорного рецидивирования аритмии и высокой вероятности наступления клинических исходов в отдаленном периоде. Напротив, купирование возникшей впервые в жизни аритмии было ассоциировано с низким риском ухудшения состояния по сердечно-сосудистым причинам, госпитализации в стационар и смерти через три месяца (OR 0,09, $p=0,003$). Также, более частое наступление неблагоприятных исходов отмечалось у пациентов с анамнестическим указанием на частоту приступов аритмии раз в неделю и раз в два-три месяца.

Известно, что наличие гипергликемии ассоциируется с высоким риском сердечно-сосудистых событий [8]. Cameli M, et al. (2019) показали ($n=162$), что СД негативно влияет на деформацию ЛП, и эти изменения не зависели от расширения ЛП и были более выражены у пациентов с ГБ и СД [9]. Tadic M, et al. (2015) также указали на негативное влияние СД 2 типа на ремоделирование ЛП ($n=164$), выраженное в снижении функции ЛП с использованием спекл-трекинг эхокардиографии [10]. Vieira MJ, et al. (2014) в своем исследовании пришли к выводу, что у пациентов с пароксизмальной формой ФП, так же, как и у пациентов с ГБ и СД отмечается снижение резервуарной и насосной функции ЛП по сравнению с группой сравнения [11]. За время нашего наблюдения выявлена связь гипергликемии при поступлении и повышения

Таблица 5
Госпитализация в стационар по сердечно-сосудистым причинам, смерть через 6 месяцев

Фактор	Отношение шансов и его 95% ДИ	значимость, р
ЭИТ в анамнезе	4,41 (1,54, 12,66)	0,006
Госпитализация через 3 месяца	12,88 (2,18, 26,28)	0,005
СКФ при поступлении	0,96 (0,93, 0,99)	0,01
ХСН	5,85 (1,26, 27,11)	0,024
Е/Е' сред.	1,25 (1,01, 1,55)	0,04
Негативный пик (4к)	1,33 (1,05, 1,69)	0,009
Негативный пик (2к)	1,23 (1,01, 1,5)	0,029
Позитивный пик (2к)	0,75 (0,6, 0,94)	0,011
Деформация ЛП (2к)	0,85 (0,75, 0,96)	0,006
Глобальная деформация ЛП (biplane)	0,83 (0,72, 0,95)	0,004
LASI	15,3 (6,56, 35,9)	<0,001

вероятности возникновения пароксизмов ФП и/или госпитализации в стационар через 3 месяца. Показательно, что для пациентов с СД с нормогликемией при поступлении не выявлено взаимосвязи с неблагоприятными исходами — этот результат доказывает важность контроля уровня глюкозы.

Факт наличия ГБ не сыграл значимой роли в нашем исследовании, в отличие от повышения индекса ММЛЖ — неблагоприятное влияние повышенного индексированного значения ММЛЖ выявлено через три месяца после проведения кардиоверсии. Miyoshi H, et al. (2015) также показали, что индекс массы миокарда ЛЖ отрицательно влияет на стрейн ЛП [12].

Расширение ЛП является общепризнанным предиктором наступления ФП: Cameli et al. (2016) обнаружили, что более высокий индекс объема ЛП оказался независимым предиктором снижения систолической деформации ЛП ($p=0,002$) [13]. Miyoshi H, et al. (2015) обнаружили аналогичную корреляцию между размером и функцией ЛП [12].

Согласно консенсусному документу EACVI/EHRA (2016), размер левого предсердия и фракция выброса левого желудочка коррелируют с риском тромбоэмболических событий [3]. Наличие хронической сердечной недостаточности ухудшило отдаленный прогноз и наших пациентов.

Наиболее значимыми независимыми предикторами ФП оказались параметры деформации ЛП и индекс жесткости ЛП. Анализ стрейна позволяет выявить раннюю дисфункцию ЛП еще до морфологических изменений [14]. Наш вывод о том, что во время пароксизма ФП сократимость предсердий падает, а проводниковая и резервуарная функции снижаются, похож на результаты предыдущих исследований. Yoon YE с соавторами [15] продемонстрировали, что нарушение резервуарной функции ЛП имеет независимую предсказательную ценность в отношении прогрессирования пароксизмальной ФП до постоянной ФП даже у пациентов без дилатации ЛП. В нашем исследовании получена четкая связь между повышением индекса жесткости миокарда ЛП после кардиоверсии и наступлением неблагоприятных событий в отдаленном периоде — через три и через шесть месяцев ($p<0,001$).

Определение стрейна ЛП каждому пациенту кардиологического профиля в условиях «потока» больных является

нецелесообразным в связи с техническими сложностями проведения исследования и временными затратами врача. Однако для отдельной категории больных использование дополнительного диагностического метода может оказаться весьма информативным [6], что мы и доказали на примере нашего исследования для больных с ФП после КВ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенное исследование доказало независимую предсказательную ценность параметров деформации в отношении рецидивирования ФП. Сниженный стрейн ЛП и повышенный индекс жесткости ЛП сильнее коррелируют с наступлением неблагоприятных событий, чем более распространенные и общепотребительные, такие как наличие ГБ и СД, возраст и т.п. Необходимо проведение дальнейших исследований для уточнения референсных значений данных показателей у пациентов, подвергшихся кардиоверсии.

Отношения и деятельность: конфликт интересов отсутствует.

Список литературы / References

1. Moreno Ruiz LA, et al. Left atrial longitudinal strain by speckle tracking as independent predictor of recurrence after electrical cardioversion in persistent and long standing persistent nonvalvular atrial fibrillation. *Int J Cardiovasc Imaging*. 2019; 35: 1587–1596. <https://doi.org/10.1007/s10554-019-01597-7>.
2. Kirchhof P, et al. ESC Guidelines for the management of atrial fibrillation developed in collaboration with EACTS. *Eur. Heart J*. 2016; 37(38): 2893–2962. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehw210>.
3. Donal E, Lip GYH, Galderisi M, et al. EACVI/EHRA Expert Consensus Document on the role of multi-modality imaging for the evaluation of patients with atrial fibrillation. *Eur. Heart J*. — *Cardiovascular Imaging*. 2016; 17(4): 355–383. <https://doi.org/10.1093/ehjci/jev354>.
4. Аршинова И.А. с соавт. Характеристика деформации миокарда левого предсердия у пациентов с фибрилляцией предсердий после кардиоверсии. *Медицинский алфавит: современная функциональная диагностика*. 2021; 4: 20–25.
5. Arshinova I. A. et al. Characteristics of left atrial strain in patients with atrial fibrillation after cardioversion. *Medical alphabet: modern functional diagnostics*. 2021; 4: 20–25.
6. Ma X-X, Wang A, Lin K. Incremental predictive value of left atrial strain and left atrial appendage function in rhythm outcome of nonvalvular atrial fibrillation patients after catheter ablation. *Open Heart*. 2021; 8: e001635. <https://doi.org/10.1136/openhrt-2021-001635>.
7. Matteo C, et al. More than 10 years of speckle tracking echocardiography: still a novel technique or a definite tool for clinical practice? *Echocardiography*. 2019; 36(5): 958–970. <https://doi.org/10.1111/echo.14339>.
8. Hindricks G, et al. 2020 ESC Guidelines for the diagnosis and management of atrial fibrillation developed in collaboration with the European Association for Cardio-Thoracic Surgery (EACTS). *Eur. Heart J*. 2021; 42(5): 373–498. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehaa612>.
9. Armstrong AC, Gidding SS, Colangelo LA, et al. Association of early adult modifiable cardiovascular risk factors with left atrial size over a 20-year follow-up period: the CARDIA study. *BMJ Open*. 2014; 4: e004001. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2013-004001>.
10. Camelli M, et al. Left atrial, ventricular and atrio-ventricular strain in patients with subclinical heart dysfunction. *Int J Cardiovasc Imaging*. 2019; 35(2): 249–258. <https://doi.org/10.1007/s10554-018-1461-7>.
11. Tadic M, Cuspidi C. The influence of type 2 diabetes on left atrial remodeling. *Clin Cardiol*. 2015; 38: 48–55. <https://doi.org/10.1002/clc.22334>.
12. Vieira MJ, Teixeira R, Goncalves L, et al. Left atrial mechanics: echocardiographic assessment and clinical implications. *J Am Soc Echocardiogr*. 2014; 27: 463–78. <https://doi.org/10.1016/j.echo.2014.01.021>.
13. Miyoshi H, Oishi Y, Mizuguchi Y, et al. Association of left atrial reservoir function with left atrial structural remodeling related to left ventricular dysfunction in asymptomatic patients with hypertension: evaluation by two-dimensional speckle-tracking echocardiography. *Clin Exp Hypertens*. 2015; 37(2): 155–65. <https://doi.org/10.3109/10641963.2014.933962>.
14. Cameli M, Mandoli GE, Loiacono F, et al. Left atrial strain: a useful index in atrial fibrillation. *International Journal of Cardiology*. 2016; 220: 208–213. <https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2016.06.197>.
15. Yuda S, Muranaka A, Miura T. Clinical implications of left atrial function assessed by speckle tracking echocardiography. *J Echocardiogr. Japanese Society of Echocardiography*. 2016; 14(3): 104–112. <https://doi.org/10.1007/s12574-016-0283-7>.
16. Yoon YE, Oh IY, Kim SA, et al. Echocardiographic predictors of progression to persistent or permanent atrial fibrillation in patients with paroxysmal atrial fibrillation (E6P Study). *J Am Soc Echocardiogr*. 2015; 28: 709–17. <https://doi.org/10.1016/j.echo.2015.01.017>.

Сведения об авторах

Аршинова Ирина Александровна, соискатель по специальности «кардиология» кафедры кардиологии, функциональной и ультразвуковой диагностики¹, <https://orcid.org/0000-0003-4740-7126>

Полтавская Мария Георгиевна, д.м.н. профессор кафедры кардиологии, функциональной и ультразвуковой диагностики¹, <https://orcid.org/0000-0003-4463-2897>

Седов Всеволод Парисович, д.м.н. профессор кафедры кардиологии, функциональной и ультразвуковой диагностики¹, <https://orcid.org/0000-0003-2326-9347>

Богданова Александра Андреевна, к.м.н., заведующая отделением функциональной диагностики², доцент кафедры кардиологии, функциональной и ультразвуковой диагностики¹, <https://orcid.org/0000-0001-5509-8023>

Суворов Александр Юрьевич, к.м.н., главный статистик Центра анализа сложных систем¹, <https://orcid.org/0000-0002-2224-0019>

Кучина Анна Юрьевна, соискатель по специальности «кардиология» кафедры кардиологии, функциональной и ультразвуковой диагностики¹, <https://orcid.org/0000-0002-7267-101X>

¹ ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский университет)

² БУЗ гор. Москвы «Городская клиническая больница № 1 им. Н.И. Пирогова Департамента здравоохранения города Москвы»

Автор для переписки: Аршинова Ирина Александровна
E-mail: irina.arshinova@gmail.com

About authors

Arshinova Irina Aleksandrovna, <https://orcid.org/0000-0003-4740-7126>

Poltavskaya Mariya Georgievna, <https://orcid.org/0000-0003-4463-2897>

Sedov Vsevolod Parisovich, <https://orcid.org/0000-0003-2326-9347>

Bogdanova Aleksandra Andreevna, <https://orcid.org/0000-0001-5509-8023>

Suvorov Aleksandr Yur'evich, <https://orcid.org/0000-0002-2224-0019>

Kuchina Anna Yurevna, <https://orcid.org/0000-0002-7267-101X>

¹ Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education First Moscow State Medical University named after I.M. Sechenov of the Ministry of Health of the Russian Federation (Sechenov University)

² State Budgetary Healthcare Institution of the city of Moscow "Pirogov City Clinical Hospital No.1 of the Department of Health of Moscow"

Corresponding author: Arshinova Irina Aleksandrovna,
E-mail: irina.arshinova@gmail.com

Статья поступила / Received 18.07.2022

Получена после рецензирования / Revised 10.09.2022

Принята в печать / Accepted 10.09.2022

Для цитирования: Аршинова И.А., Полтавская М.Г., Седов В.П., Богданова А.А., Суворов А.Ю., Кучина А.Ю. Взаимосвязь параметров деформации левого предсердия с рецидивом фибрилляции предсердий после кардиоверсии. *Медицинский алфавит*. 2022;(20):24–28. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2022-20-24-28>

For citation: Arshinova I. A., Poltavskaya M. G., Sedov V. P., Bogdanova A. A., Suvorov A. Y., Kuchina A. Y.. Correlation of left atrial strain with the recurrence of atrial fibrillation after cardioversion. *Medical alphabet*. 2022;(20):24–28. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2022-20-24-28>



Анализ динамики суточной вариабельности синусового ритма по данным Холтеровского мониторирования для оценки эффективности лечения больных легочной гипертензией

Н. Х. Курбонбекова, А. В. Соболев, Е. Ш. Кожемякина, Т. М. Мартынюк, А. М. Каспарова

Национальный медицинский исследовательский центр кардиологии имени академика Е. И. Чазова МЗ РФ

РЕЗЮМЕ

Цель: поиск критериев оценки связи динамики состояния больного легочной гипертензией по данным клинико-инструментального обследования с динамикой суточной вариабельности его синусового ритма.

Материал и методы. В исследование включены 25 пациентов с идиопатической легочной гипертензией (ИЛГ) и 25 пациентов с хронической тромбоэмболической легочной гипертензией (ХТЭЛГ), которые обследовались дважды при двух разных госпитализациях: до лечения и через 6–18 месяцев для оценки эффективности лечения (всего 50 пар обследований). Во всех обследованиях оценивали суточную ВСР по данным ХМ ЭКГ. Функциональное состояние определяли комплексно с учетом ФК (ВОЗ) ЛГ и дистанции, пройденной в тесте 6-минутной ходьбы. У всех больных определяли площадь правого предсердия по данным ЭхоКГ. У 15 из 50 больных при двух обследованиях проводилась катетеризация правых отделов сердца (КПОС) с определением давления в правом предсердии (ДПП), в правом желудочке, в легочной артерии и давления заклинивания в легочной артерии, а также оксиметрии с определением сатурации смешанной венозной крови кислородом (SvO₂) и сердечного индекса (СИ). Параметры суточной ВСР определяли с использованием модификации метода АВСР-ВКР, учитывающего наличие на ритмограмме двойных изломов. Динамику параметров суточной ВСР сопоставляли с динамикой функционального состояния, СПП, а также (в 15 случаях) — с динамикой среднего ДПП (срДПП), СИ и SvO₂.

Результаты. (1) Прослеживается связь между динамикой результатов комплексной оценки функционального состояния больных ЛГ и динамикой параметров их суточной ВСР. Отражением этого является как большой процент случаев с однонаправленной динамикой функционального состояния и ВСР, так и малое число случаев с разнонаправленной динамикой. Особенно явно эти тенденции проявляются при лечении больных с ИЛГ. (2) Имеет место высокий процент совпадений динамики ВСР и площади правого предсердия (СПП) по данным ЭхоКГ, причем этот процент наиболее высок (при малом числе случаев с разнонаправленной динамикой) в группе ХТЭЛГ. (3) В большинстве случаев КПОС выявлено соответствие динамики ВСР динамикам сатурации смешанной венозной крови кислородом (SvO₂) и сердечного индекса (СИ).

Вывод. Анализ ВСР на длительных промежутках времени у больных ЛГ можно использовать для оценки не только текущего состояния пациента, но и динамики функционального состояния пациента, отражающей эффективность проводимого лечения.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: лёгочная гипертензия, вариабельность синусового ритма.

Analysis of the dynamics of the daily variability of the sinus rhythm according to Holter monitoring to assess the effectiveness of treatment of patients with pulmonary hypertension

N. Kh. Qurbonbekova, A. V. Sobolev, E. Sh. Kozhemyakina, A. M. Kasparova, T. V. Martynyuk

National Medical Research Center of Cardiology named after Academician E.I. Chazov

SUMMARY

Purpose: search for criteria for assessing the relationship between the dynamics of the patient's condition with pulmonary hypertension according to clinical and instrumental examination with the dynamics of the daily variability of his sinus rhythm.

Material and methods. The study included 25 patients with idiopathic pulmonary hypertension (IPH) and 25 patients with chronic thromboembolic pulmonary hypertension (CTPH), who were examined twice at two different hospitalizations: before treatment and after 6–18 months to assess the effectiveness of treatment (50 pairs of examinations). In all examinations, the daily HRV was evaluated according to the Holter ECG data. The functional state was determined comprehensively taking into account the FCLH and the distance covered in the 6-minute walk test. In all patients, the right atrium area (RAA) was determined according to EchoCG data. In 15 out of 50 patients, catheterization of the right parts of the heart (CRPH) was performed during two examinations with determination of pressure in the right atrium (PRA), in the right ventricle, in the pulmonary artery and jamming pressure in the pulmonary artery, as well as oximetry with determination of oxygen saturation of mixed venous blood (SvO₂) and cardiac index (CI). The parameters of the daily HRV were determined using a modification of the VSRA-SSR method, taking into account the presence of double fractures (DFR) on the rhythmogram. The dynamics of the parameters of the daily HRV were compared with the dynamics of the functional state, ARA, and also (in 15 cases) — with the dynamics of the average PRA (aPRA), SI and SvO₂.

Results 1. The connection between the dynamics of the results of a comprehensive assessment of the functional state of patients with PH and the dynamics of the parameters of their daily HRV is traced. A reflection of this is both a large percentage of cases with unidirectional dynamics of the functional state and HRV, and a small number of cases with multidirectional dynamics. These trends are especially evident in the treatment of patients with IPH.

2. There is a high percentage of coincidences of HRV dynamics and right atrium area (RAA) according to EchoCG data, and this percentage is the highest (with a small number of cases with multidirectional dynamics) in the CTPH group.

3. In most cases, CRPH revealed the correspondence of HRV dynamics to the dynamics of oxygen saturation of SvO₂ and SI.

Conclusion. HRV analysis over long periods of time in patients with hypertension can be used not only to assess the functional state of the patient, but also to assess the dynamics of the functional state of the patient, reflecting the effectiveness of the treatment.

KEY WORDS: pulmonary hypertension, sinus rhythm variability.

ВВЕДЕНИЕ

Как хорошо известно [1–7], во многих случаях снижение вариабельности синусового ритма (ВСР) больного свидетельствует об ухудшении его состояния. Это свойство ВСР стимулирует поиск параметров ВСР, для которых выполняется следующее требование: в некотором диапазоне изменения параметра ВСР при ухудшении состояния больного значения параметра уменьшаются, а при улучшении состояния — нарастают. Это требование в равной степени относится к параметрам ВСР на коротких промежутках времени [1] и к параметрам суточной ВСР [2–7]. При этом для различных заболеваний параметры суточной ВСР, удовлетворяющие указанному требованию, могут различаться. В недавних работах [8–12] показано, что в случаях артериальной и легочной гипертензии при построении таких параметров необходимо учитывать наличие на ритмограмме двойных изломов (ДИР). Выяснилось [12], что наиболее явно влияние легочной гипертензии (ЛГ) на суточную ВСР проявляется в виде снижения ВСР на участках ритмограммы без ДИР. Это относится как ко всей суточной ритмограмме, так и к её частям, отвечающим различным диапазонам изменения ЧСС в течение суток. При этом влияние ЛГ на ВСР наиболее выражено в диапазонах ЧСС >75 уд/мин. Такая ЧСС появляется в основном при активной жизнедеятельности пациента.

Холтеровское мониторирование (ХМ) ЭКГ и бурно развивающееся в настоящее время длительное дистанционное мониторирование ЭКГ дают потенциальную возможность оценивать динамику состояния пациента без использования сложных дорогостоящих (в том числе инвазивных) диагностических методик и, более того, без необходимости часто посещать лечебно-диагностические учреждения. В связи с этим представляет интерес анализ связи динамики параметров суточной ВСР больных ЛГ с динамикой показателей их клинко-функционального и гемодинамического статуса в ходе лечения.

Цель исследования — поиск критериев оценки связи динамики состояния больного легочной гипертензией по данным клинко-инструментального обследования с динамикой суточной вариабельности его синусового ритма.

МАТЕРИАЛ ИССЛЕДОВАНИЯ

Представляемая работа посвящена продолжению исследований, начатых в работе [12]. В ней представлена часть материала, использованного в [12], а именно — результаты обследования больных, у которых диагноз ИЛГ и ХТЭЛГ был установлен в соответствии с рекомендациями по диагностике и лечению ЛГ [13] и которые обследовались дважды при двух разных госпитализациях. Таким образом, сформированы группы из 25 пациентов ИЛГ и 25 пациентов ХТЭЛГ (всего 50 пар). Во всех обследованиях оценивали суточную ВСР по данным ХМ ЭКГ. Функциональное состояние определяли комплексно с учетом ФК (ВОЗ) ЛГ [14] и дистанции, пройденной в тесте 6-минутной ходьбы (Д6МХ), степени одышки

по шкале Борга и наличия признаков правожелудочковой сердечной недостаточности. У всех больных определяли площадь правого предсердия (ППП) по данным ЭхоКГ.

У 15 из 50 больных в ходе первичного обследования и спустя 6–18 месяцев для оценки эффективности лечения проводилась катетеризация правых отделов сердца (КПОС). КПОС выполнялась на аппарате Allura Xper FD10 (Philips, Нидерланды), венозным доступом (феморальным или кубитальным). Проводились прямая манометрия с определением давления в правом предсердии (ДПП), давление в правом желудочке, давление в легочной артерии и давление заклинивания в легочной артерии с помощью катетера Сван-Ганца, а также оксиметрия с определением сатурации смешанной венозной крови кислородом (SvO₂). Кроме того, определялись расчетные показатели: сердечный индекс (СИ), ударный объем и легочное сосудистое сопротивление (ЛСС).

В нашем исследовании мы сопоставляли динамику параметров суточной ВСР с динамикой функционального состояния, динамикой СПП, а также (в 15 случаях) — с динамикой среднего ДПП (срДПП), СИ и SvO₂, определяемых по данным КПОС.

Параметры суточной ВСР. Суточное ХМ ЭКГ проводилось с использованием комплекса «Союз» фирмы «ДМС Передовые Технологии», (Россия). Параметры суточной ВСР определялись по результатам мониторирования при помощи модификации метода АВСР-ВКР, учитывающей наличие на ритмограмме двойных изломов в [8–12]. Кратко опишем процедуру получения параметров суточной ВСР.

В ритмограмме выделяли последовательные короткие участки синусового ритма, содержащие по 33 интервала RR. На каждом участке определяли ЧСС и вариацию короткого участка ритмограммы

$$ВКР = \sum abs[RR(k+1) - RR(k)] \quad (k=1, \dots, 32).$$

На ритмограмме выделяли двойные изломы (ДИР) — чередовки последовательных интервалов $RR[j]$, $RR[j+1]$, $RR[j+2]$, $RR[j+3]$, для которых различие между соседними интервалами RR составляло не менее 24 мс и выполнялся один из наборов неравенств

$$RR[j] < RR[j+1] > RR[j+2] < RR[j+3]$$

$$\text{или } RR[j] > RR[j+1] < RR[j+2] > RR[j+3].$$

Все короткие участки ритмограммы делили на участки, содержащие ДИР, и участки, не содержащие ДИР.

Исследование ВКР осуществлялось в 8 диапазонах ЧСС, упорядоченных по убыванию ЧСС (таблица 1).

Каждый короткий участок ритмограммы относили к группе с номером i , равным номеру диапазона, в который попадало значение ЧСС на этом участке. Для каждой из полученных таким образом групп вычисляли следующие характеристики:

$n(i)$ — количество коротких участков ритмограммы, попавших в группу с номером i ,

$ВКРМ(i)$ — среднее значение величин ВКР всех коротких участков ритмограммы, попавших в группу с номером i . Параметр ВКРМ, вычисленный для определенного диа-

Таблица 1
Деление ЧСС на диапазоны

i (номер диапазона)	1	2	3	4	5	6	7	8
ЧСС, уд/мин	>105	105–93	92–84	83–76	75–69	68–64	63–59	<59

пазона изменения ЧСС, характеризует усредненную ВСР в этом диапазоне.

$n1(i)$ — количество коротких участков ритмограммы, попавших в группу с номером i и не содержащих ДИР,

$BKPM1(i)$ — среднее значение величин ВКР коротких участков ритмограммы, попавших в группу с номером i и не содержащих ДИР,

$n2(i)$ — количество коротких участков ритмограммы, попавших в группу с номером i и содержащих ДИР,

$BKPM2(i)$ — среднее значение величин ВКР по коротким участкам ритмограммы, попавших в группу с номером i и содержащих ДИР.

Для всей суточной ритмограммы определяли следующие параметры:

Средневзвешенные вариации всей ритмограммы (СВВР), её части, не содержащей двойных изломов (СВВР1), и части, содержащей двойные изломы (СВВР2), т.е. величины

$$СВВР = \sum (n(i) * q(i) * BKPM(i)) / \sum (n(k), k=1, \dots, 8),$$

$$СВВР1 = \sum (n1(i) * q(i) * BKPM1(i)) / \sum (n1(k), k=1, \dots, 8),$$

$$СВВР2 = \sum (n2(i) * q(i) * BKPM2(i)) / \sum (n2(k), k=1, \dots, 8),$$

где $i, k = 1, \dots, 8$ — номера диапазонов, а коэффициенты $q(i)$ задаются [4–7] равенствами

$$q(1)=3.04, q(2)=2.75, q(3)=2.33, q(4)=1.88,$$

$$q(5)=1.56, q(6)=1.34, q(7)=1.15 \text{ и } q(8)=1.$$

Подход к сопоставлению динамики показателей ВСР с динамикой клинико-функциональных параметров. Для сопоставления динамики показателей ВСР с динамикой клинико-функциональных параметров нами был использован следующий подход. Мы количественно охарактеризовали (закодировали) значимость динамики функциональных параметров, гемодинамических параметров и параметров суточной ВСР обследованных нами больных с ЛГ. Код значимости изменений любого параметра может быть положительным (+), отрицательным (-) или равным нулю. Положительность кода означает, что динамика параметра указывает на улучшение состояния больного, отрицательность кода означает, что динамика параметра отвечает ухудшению его состояния. Равенство кода нулю означает, что по динамике параметра нельзя сделать вывод об изменении состояния больного.

Сопоставление динамики ВСР с динамикой функционального или гемодинамического параметра осуществлялось следующим образом. Если динамика ВСР и параметра была однонаправленной (получена пара «+ +» или пара «- -»), то результат сопоставления характеризовался знаком «+». Если динамика ВСР и параметра была разнонаправленной (получена пара «+ -» или пара «- +»), то результат сопоставления характеризовался знаком «-». Если хотя бы один из кодов динамики ВСР и параметра был «0», то результат сопоставления характеризовался знаком «0». Опишем процедуру кодирования параметров, использованных нами в данной статье.

Кодирование динамики функциональных и гемодинамических параметров. При выборе функциональных и гемодинамических параметров и кодировании значимости их динамики выбраны параметры из шкалы стратификации риска неблагоприятного прогноза, представленной в Европейских [15] и в Евразийских [13] рекомендациях по лечению ЛГ. Используемые нами данные собраны в таблице 2.

Коды δ , характеризующие динамику параметров, определялись следующим образом.

Динамика ФК определялась кодом $\delta\text{ФК} = \text{ФК1} - \text{ФК2}$

При кодировании остальных параметров мы использовали характеристику $\text{SIGN}(V)$ — знак величины V . Если $V > 0$, то $\text{SIGN}(V) = 1$. Если $V = 0$, то $\text{SIGN}(V) = 0$. Если $V < 0$, то $\text{SIGN}(V) = -1$.

При оценке динамики Д6МХ использовался порог разности (ПР) — пороговое значение количества шагов, при переходе через которое различие между Д6МХ1 и Д6МХ2 становится значимым. Тогда код $\delta\text{Д6МХ}$ определяется равенством $\delta\text{Д6МХ} = \text{SIGN}((\text{Д6МХ1} - \text{Д6МХ2})/\text{ПР})$ при целочисленном делении $(\text{Д6МХ1} - \text{Д6МХ2})/\text{ПР}$. В нашем исследовании мы выбрали минимальное из используемых значений ПР — 20 м.

Таблица 2
Параметры функционального и гемодинамического статуса больных ЛАГ/ХТЭЛГ согласно шкале стратификации риска неблагоприятного прогноза

Параметры	Низкий риск	Промежуточный риск	Высокий риск
ФК (ВОЗ)	I, II	III	IV
Д6МХ, м	>440	165–440	<165
S ПП (ЭхоКГ), см ²	< 18	18–26	> 26
срДПП (КПОС), мм рт.ст.	<8	8–14	>14
СИ (КПОС), л/мин/м ²	≥ 2,5	2,0–2,4	< 2,0
SvO ₂ (КПОС), %	> 65	60–65	< 60

При кодировании динамики остальных параметров мы опирались на следующий факт. Если значение любого из этих параметров менять от крайнего значения низкого риска к крайнему значению высокого риска с шагом, равным использованной в таблице точности измерения параметра (1 см² для SПП, 1 мм рт. ст. для срДПП, 0,1 л/мин/м² для СИ и 1% для SvO₂), то понадобится сделать не более 10 шагов (10 для SПП, 8 для срДПП, 6 для СИ и 7 для SvO₂). Поэтому мы приняли допущение, что изменение значения параметра при указанной в таблице точности отражает изменение состояния больного. В связи с этим:

динамику SПП определяли кодом $\delta\text{SПП} = \text{SIGN}(\text{SПП1} - \text{SПП2})$;

динамику СИ определяли кодом $\delta\text{СИ} = \text{SIGN}(\text{СИ2} - \text{СИ1})$;

динамику SvO₂ определяли кодом $\delta\text{SvO}_2 = \text{SIGN}(\text{SvO}_2\text{2} - \text{SvO}_2\text{1})$;

динамику срДПП определяли кодом $\delta\text{срДПП} = \text{SIGN}(\text{срДПП2} - \text{срДПП1})$.

Кодирование динамики среднесуточной ЧСС. При кодировании среднесуточной ЧСС (ССЧСС) больных ЛГ мы опирались на следующие соображения. Очень высокая ССЧСС у больных ЛГ (как и у любых других больных) является признаком дискомфорта в работе сердечно-сосудистой

системы. Но точно также признаком дискомфорта в работе сердечно-сосудистой системы является и очень низкая ССЧСС. В связи с этим для кодирования динамики ССЧСС мы выбрали три пороговых значения: 82 уд/мин, 75 уд/мин и 60 уд/мин.

Выбор пороговых значений был сделан по следующим соображениям.

Порог 60 уд/мин был выбран как порог различия между нормокардией и брадикардией.

Порог 82 уд/мин выбирался по аналогии с пороговыми значениями для ЧСС покоя. Многочисленные исследования, в том числе популяционные, подтверждают тот факт, что с повышением ЧСС покоя происходит увеличение показателя общей и внезапной смерти. При этом пороговое значение ЧСС покоя, при переходе через которое существенно возрастал риск смертности и других сердечных событий, в большинстве известных нам исследований колебалось в пределах от 80 до 84 уд/мин — см. [16–24]. В связи с этим мы выбрали порог высокого риска для ССЧСС равным 82 уд/мин.

Порог 75 уд/мин был выбран по результатам наших и ряда других исследований, связанных непосредственно с ЛАГ. Существует мнение, что ЧСС покоя, превышающая 75 уд/мин, служит основанием для назначения адреноблокаторов. В исследовании [25] такой порог ЧСС покоя равен 77 уд/мин. В исследовании [26] для больных ЛАГ 3ФК при ССЧСС до 75 уд/мин максимальная ЧСС меняется плавно в соответствии с потребностью в кислороде, возрастая от 60 до 170 уд/мин при соответствующих обстоятельствах (проба с физической нагрузкой Т6МХ). При средней ЧСС более 75 уд/мин эта закономерность меняется на противоположную: при нарастании ССЧСС величина максимальной ЧСС начинает уменьшаться. Таким образом, при переходе через порог 75 уд/мин увеличение ССЧСС ассоциируется с нарастанием дискомфорта в работе сердечно-сосудистой системы.

Оценка динамики ССЧСС проводилась с использованием ССЧСС1 — величины ССЧСС на момент установления диагноза до начала терапии, ССЧСС2 — величины ССЧСС через 6–18 месяцев после терапии — и разности $D = \text{ССЧСС2} - \text{ССЧСС1}$. Значимость изменения ССЧСС для оценки динамики функционального состояния больного характеризовали кодом kD , присваиваемым величине D . Код может быть равен 0, 1 или -1 . Значение $kD = 1$ означает, что динамика ССЧСС указывает на улучшение функционального состояния больного. Значение $kD = -1$ означает, что динамика ССЧСС соответствует ухудшению его функционального состояния. Значение $kD = 0$ означает, что по динамике ССЧСС нельзя сделать вывод об изменении функционального состояния.

Присвоение величине D кода kD осуществлялось по следующим правилам:

если $D = 0$, ± 1 или ± 2 уд/мин, то всегда $kD = 0$;
 если $\text{ССЧСС2} \geq 82$ уд/мин и $D \geq 3$ уд/мин, то $kD = -1$;
 если $\text{ССЧСС1} \geq 82$ уд/мин, $\text{ССЧСС2} \geq 55$ уд/мин и $D \leq -3$ уд/мин, то $kD = 1$;
 если $\text{ССЧСС1} \geq 82$ уд/мин и $\text{ССЧСС2} < 55$ уд/мин, то $kD = 0$;
 если 82 уд/мин $> \text{ССЧСС2} \geq 75$ уд/мин и $D \geq 4$ уд/мин, то $kD = -1$;
 если 82 уд/мин $> \text{ССЧСС2} \geq 75$ уд/мин и $D = 3$ уд/мин, то $kD = 0$;
 если 82 уд/мин $> \text{ССЧСС1} \geq 75$ уд/мин, $\text{ССЧСС2} \geq 55$ уд/мин и $D \leq -4$ уд/мин, то $kD = 1$;

если 82 уд/мин $> \text{ССЧСС1} \geq 75$ уд/мин, $\text{ССЧСС2} \geq 55$ уд/мин и $D = -3$ уд/мин, то $kD = 0$;

если 82 уд/мин $> \text{ССЧСС1} \geq 75$ уд/мин и $\text{ССЧСС2} < 55$ уд/мин, то $kD = 0$;

если 75 уд/мин $> \text{ССЧСС1} \geq 55$ уд/мин и 75 уд/мин $> \text{ССЧСС2} \geq 55$ уд/мин, то $kD = 0$;

если 75 уд/мин $> \text{ССЧСС1} \geq 55$ уд/мин, $\text{ССЧСС2} < 55$ уд/мин и $D \leq -5$ уд/мин, то $kD = -1$;

если $\text{ССЧСС1} < 55$ уд/мин и $\text{ССЧСС2} \geq 55$ уд/мин и $D \geq 5$ уд/мин, то $kD = 1$;

в остальных случаях если $\text{ССЧСС1} < 75$ уд/мин и $\text{ССЧСС2} < 75$ уд/мин, то $kD = 0$.

Отбор и кодирование динамики параметров ВСП. Как показано в нашей предыдущей работе [12], наиболее сильно наличие ЛГ и ухудшение функционального состояния при ЛГ влияет на ВСП на части ритмограммы без ДИР. Это относится и к параметрам всей суточной ВСП и к параметрам ВСП, отвечающим различным диапазонам ЧСС. Так, достоверность снижения параметра СВВР1 в подгруппах с ЛГ по сравнению с соответствующими подгруппами группы Контроля появляется чаще, никогда не бывает ниже и чаще всего оказывается выше, чем достоверность снижения соответствующего параметра СВВР или СВВР2. Аналогично, достоверность снижения параметра ВКРМ1 в подгруппах с ЛГ по сравнению с соответствующими подгруппами группы Контроля в любой подгруппе ЛГ и в любом диапазоне изменения ЧСС появляется чаще, никогда не бывает ниже и чаще всего оказывается выше, чем достоверность снижения соответствующего параметра ВКРМ или ВКРМ2. Кроме того, во всех без исключения подгруппах ЛГ, в которых какой-либо из исследуемых параметров снижался достоверно по сравнению с соответствующей подгруппой группы Контроля, максимальная достоверность снижения этого параметра достигалась в диапазонах ЧСС, превышающих 75 уд/мин.

Опираясь на полученные в [12] данные, в качестве основного оцениваемого параметра мы выбрали СВВР1 и при необходимости добавляли к нему оценку одного или двух параметров ВКРМ1, а именно: для возрастов 18–29 лет — параметр ВКРМ1(2), отвечающий диапазону 105–93 уд/мин, для возрастов 30–39 лет — параметр ВКРМ1(3), отвечающий диапазону 92–82 уд/мин, для возрастов 40 лет и старше — параметр ВКРМ(4), отвечающий диапазону 83–76 уд/мин.

Значимость изменений параметров СВВР1 и ВКРМ1 оценивалась следующим образом. Если значение параметра при второй госпитализации превышало значение параметра при первой госпитализации более чем на 10%, то считалось, что параметр увеличился значимо. Если значение параметра при второй госпитализации было меньше значения параметра при первой госпитализации более чем на 10%, то считалось, что параметр уменьшился значимо. Если различие значений параметра было менее 10% от величины параметра при первой госпитализации, то считалось, что значимых изменений параметра не было.

Кодирование общей значимости динамики суточной ВСП. Общую значимость изменений суточной ВСП оценивали следующим образом. Наиболее важной при оценке динамики суточной ВСП считалась динамика ССЧСС. Поэтому при выполнении равенства $kD = 1$ (ССЧСС стала более комфортной

для больного) независимо от динамики СВВР1 и ВКРМ1 считалось, что ВСР улучшилась.

При выполнении равенства $kD = -1$ (ССЧСС стала менее комфортной для больного) независимо от динамики СВВР1 и ВКРМ1 считалось, что ВСР ухудшилась.

При выполнении равенства $kD = 0$ (отсутствие значимых изменений ССЧСС) переходили к анализу динамики параметра СВВР1. При значимом увеличении СВВР1 считалось, что ВСР улучшилась, при значимом уменьшении СВВР1 считалось, что ВСР ухудшилась.

При отсутствии значимой динамики СВВР1 переходили к анализу динамики параметра ВКРМ1, соответствующего возрасту больного. При значимом увеличении ВКРМ1 считалось, что ВСР улучшилась, при значимом уменьшении ВКРМ1 считалось, что ВСР ухудшилась. При отсутствии значимой динамики ВКРМ1 считалось, что значимая динамика суточной ВСР отсутствует.

НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОДИРОВАНИЯ ДИНАМИКИ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБСЛЕДОВАНИЯ БОЛЬНЫХ ЛГ

Индивидуальная динамика клинко-функциональных и гемодинамических параметров и выбранных параметров variability синусового ритма. В соответствии с введенными выше правилами, мы проанализировали динамику исследуемых параметров 50 больных ЛГ. Результаты анализа индивидуальной динамики приведены в таблицах 3–6.

Как видно из таблиц 3–6, лечение наилучшим образом влияло на параметры, прямо характеризующие функциональное состояние больных ЛГ (ФК (ВОЗ)+дистанция в Т6МХ). У 70% больных характеристики функционального состояния улучшались и только в 16% ухудшались, причем процент улучшения и ухудшения состояния по этим параметрам был

одинаков в подгруппах ИЛГ и ХТЭЛГ. То же самое можно сказать о влиянии лечения на суточную ВСР. У 62% больных ЛГ характеристики суточной ВСР улучшались, у 32% ухудшались, и процент улучшения и ухудшения ВСР был примерно одинаков в подгруппах ИЛГ и ХТЭЛГ.

Влияние терапии на площадь правого предсердия было менее выражено и существенно зависело от этиологии заболевания: в группе ХТЭЛГ СИП уменьшилась в 52% случаев, а увеличилась — в 28%, а в группе ИЛГ, наоборот, увеличилась в 56% случаях, а уменьшилась только в 24% случаев. Возможно, такая разница является следствием различий в подходах к лечению ИЛГ и ХТЭЛГ.

Влияние терапии на результаты КПОС было различным, но из-за малого количества пар исследований нет возможности делать выводы о влиянии этиологии заболевания на динамику параметров в ходе терапии.

Сопоставление динамики показателей суточной ВСР с динамикой клинко-функциональных и гемодинамических параметров. На наш взгляд, наиболее интересны результаты сопоставления динамики параметров суточной ВСР с динамикой клинко-функциональных и гемодинамических параметров, приведенные в таблицах 7–9.

Данные, приведенные в таблицах 7–9, говорят о следующем.

1. Прослеживается явная корреляция между динамикой результатов комплексной оценки функционального состояния больных ЛГ и динамикой параметров их суточной ВСР. Отражением этого является как большой процент случаев с однонаправленной динамикой функционального состояния и ВСР, так и малое число случаев с разнонаправленной динамикой. Особенно явно эти тенденции проявляются при лечении больных с ИЛГ (20 случаев совпадения динамики и всего лишь 2 случая разнонаправленной динамики).

Таблица 3
Динамика функционального состояния у больных ЛГ

Динамика функционального состояния (ФК (ВОЗ)+ дистанция в Т6МХ)	Общая группа (n=50)	Группа ИЛГ (n=25)	Группа ХТЭЛГ (n=25)
+	35 (70%)	18 (72%)	17 (68%)
0	7 (14%)	3 (12%)	4 (16%)
-	8 (16%)	4 (16%)	4 (16%)

Данные представлены как количество случаев (% от количества пациентов в группе).

Таблица 5
Динамика и параметров КПОС у больных ЛГ (n=15)

Динамика	срДПП	SvO2	СИ
+	6 (40%)	4 (27%)	8 (53%)
0	4 (27%)	0 (0%)	1 (7%)
-	5 (33%)	11 (73%)	6 (40%)

Данные представлены как количество случаев (% от количества пациентов в группе).

Таблица 4
Динамика площади правого предсердия у больных ЛГ

Динамика площади правого предсердия	Общая группа (n=50)	Группа ИЛГ (n=25)	Группа ХТЭЛГ (n=25)
+	19 (38%)	6 (24%)	13 (52%)
0	10 (20%)	5 (20%)	5 (20%)
-	21 (42%)	14 (56%)	7 (28%)

Данные представлены как количество случаев (% от количества пациентов в группе).

Таблица 6
Динамика суточной ВСР у больных ЛГ

Динамика суточной ВСР	Общая группа (n=50)	Группа ИЛГ (n=25)	Группа ХТЭЛГ (n=25)
+	31 (62%)	17 (68%)	14 (56%)
0	3 (6%)	1 (4%)	2 (8%)
-	16 (32%)	7 (28%)	9 (36%)

Данные представлены как количество случаев (% от количества пациентов в группе).

Таблица 7
Результаты сопоставления динамики ВСР и динамики функционального состояния у больных ЛГ

Сопоставления	Общая группа (n=50)	Группа ИЛГ (n=25)	Группа ХТЭЛГ (n=25)
Функциональное состояние (ФК (ВОЗ)+ дистанция в Т6МХ)			
+	34 (68%)	20 (80%)	14 (56%)
0	10 (18%)	3 (12%)	7 (28%)
-	6 (12%)	2 (8%)	4 (16%)

Данные представлены как количество случаев (% от количества пациентов в группе).

2. Имеет место высокий процент совпадений динамики ВСР и площади правого предсердия (СПП) по данным ЭхоКГ, причем этот процент наиболее высок (при малом числе случаев с разнонаправленной динамикой) в группе ХТЭЛГ, для которой более выражено положительное влияние лечения на динамику СПП.

3. При сопоставлении суточной ВСР с данными КПОС в большинстве случаев показано соответствие динамики ВСР динамикам сатурации смешанной венозной крови кислородом (SvO₂) и сердечного индекса (СИ).

Таким образом, в нашей работе выявлена связь изменений основных параметров суточной ВСР с изменениями функционального и гемодинамического состояния больного ИЛГ и ХТЭЛГ на фоне проводимого лечения. Представляется перспективным проведение дальнейших исследований для оценки возможностей применения ВСР у больных ЛГ при оценке их гемодинамического статуса.

Вывод. Анализ ВСР на длительных промежутках времени у больных ЛГ можно использовать не только для оценки функционального состояния пациента (тяжести заболевания, риска внезапной смерти или жизнеопасных осложнений), но и для оценки динамики функционального состояния пациента, отражающей эффективность проводимого лечения.

Конфликт интересов не декларируется.

Список литературы/ References

- Баевский Р.М (ред.). Анализ вариабельности сердечного ритма при использовании различных электрокардиографических систем (методические рекомендации) // Вестник аритмологии. — 2001. — № 24. — С. 66–85.
- Baevsky R. M. (ed.). Analysis of heart rate variability using various electrocardiographic systems (guidelines) // Bulletin of Arrhythmology. — 2001. — No. 24. — pp. 66–85.
- Heart rate variability. Standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. Task force of the European society of cardiology and the North American society of pacing and electrophysiology. // Eur Heart J. — 1996. — Vol. 17. — P. 354–381.
- ACC/AHA guidelines for ambulatory electrocardiography: executive summary and recommendations: a report of the American College of Cardiology/ American Heart Association task force on practice guidelines (Committee to revise the guidelines for ambulatory electrocardiography) developed in collaboration with the North American Society for Pacing and Electrophysiology. Circulation. — 1999. — Vol. 100. — P. 886–893
- Рябыкина Г.В., Соболев А.В. Мониторирование ЭКГ с анализом вариабельности ритма сердца. — Москва. Медпрактика. 2005; 222 с.

Таблица 8
Результаты сопоставления динамики ВСР и динамики площади правого предсердия у больных ЛГ

Сопоставления	Общая группа (n=50)	Группа ИЛГ (n=25)	Группа ХТЭЛГ (n=25)
+	27 (54%)	12 (48%)	15 (60%)
0	12 (24%)	6 (24%)	6 (24%)
-	11 (22%)	7 (28%)	4 (16%)

Данные представлены как количество случаев (% от количества пациентов в группе).

Таблица 9
Результаты сопоставления динамики ВСР и динамики параметров КПОС у больных ЛГ (n=15)

Сопоставления	срДПП	SvO ₂	СИ
+	6 (40%)	12 (80%)	10 (67%)
0	4(27%)	0(0%)	1(7%)
-	5(33%)	3(20%)	4(27%)

Данные представлены как количество случаев (% от количества пациентов в группе).

- Ryabykina G. V., Sobolev A. V. ECG monitoring with analysis of heart rate variability. — Moscow. Medpractice. 2005; 222 p.
- Соболев А.В. Методы анализа вариабельности сердечного ритма на длительных промежутках времени. — Москва. Медпрактика. 2009; 172 с.
- Sobolev A. V. Methods for analyzing heart rate variability for long periods of time. — Moscow. Medpractice. 2009; 172 p.
- Рябыкина Г.В., Соболев А.В. Холтеровское и бифункциональное мониторирование ЭКГ и артериального давления. Издание второе. — Москва. Медпрактика-М. 2016; 347 с.
- Ryabykina G. V., Sobolev A. V. Holter and bifunctional ECG and blood pressure monitoring. Second edition. — Moscow. Medpractice-M. 2016; 347 p.
- Курбонбекова Н.Х., Каспарова А.М., Кожемякина Е.Ш., и др. Оценка вариабельности сердечного ритма у пациентов с различными формами легочной гипертензии. // Системные гипертензии. — 2021. — Т. 18. — № 3. — С. 147–152. doi.org/10.26442/2075082X.2021.3.201066.
- Qurbonbekova N. Kh., Kasparova A. M., Kozhemyakina E. Sh., et al. Assessment of heart rate variability in patients with various forms of pulmonary hypertension. // Systemic hypertension — 2021. — V. 18. — № 3. — P. 147–152.
- Соболев А.В., Рябыкина Г.В., Кожемякина Е.Ш. Способ количественной оценки суточной вариабельности сердечного ритма. Изобретение № 2614886, от 30.03. 2017 г.
- Sobolev A. V., Ryabykina G. V., Kozhemyakina E. Sh. A method for quantifying the daily heart rate variability. Patent № 2614886, 30.03.2017.
- Соболев А.В., Рябыкина Г.В., Кожемякина Е.Ш. Новый метод анализа вариабельности синусового ритма на длительных промежутках времени, учитывающий наличие на ритмограмме двойных изломов // Современная функциональная диагностика. — 2017. — № 1. — С. 22–26.
- Sobolev A. V., Ryabykina G. V., Kozhemyakina E. Sh. A new method for analyzing the variability of the sinus rhythm over long periods of time, taking into account the presence of double fractures on the rhythmogram // Modern functional diagnostics. — 2017. — № 1. — P. 22–26.
- Соболев А.В., Рябыкина Г.В., Кожемякина Е.Ш. Специфика влияния двойных изломов ритмограммы на суточную вариабельность синусового ритма больных легочной и артериальной гипертензией.

- зией. //Системные гипертензии.— 2021.— т. 18.— № 1.— С. 43–49. Sobolev A. V., Ryabykina G. V., Kozhemyakina E. Sh. Specificity of the effect of double fractures of the rhythmogram on the daily variability of the sinus rhythm in patients with pulmonary and arterial hypertension. // Systemic hypertension — 2021.— V. 18.— № 1.— P. 43–49.
11. Соболев А.В., Кожемякина Е.Ш., Курбонбекова Н.Х., и др. Особенности суточной вариабельности синусового ритма у больных идиопатической легочной гипертензией различной тяжести. — Кардиологический вестник. — 2022. — № 1. — С. 58–66. Sobolev A. V., Kozhemyakina E. Sh., Qurbonbekova N. Kh., et al. Features of daily variability of sinus rhythm in patients with pulmonary arterial hypertension of various functional classes // Cardiological Bulletin. — 2022. — № 1. — P. 58–66.
 12. Соболев А.В., Кожемякина Е.Ш., Курбонбекова Н.Х., и др. Влияние легочной гипертензии различной тяжести на характеристики суточной вариабельности синусового ритма. // Современная функциональная диагностика. — 2022. — № 2. — С. 27–33. Sobolev A. V., Kozhemyakina E. Sh., Qurbonbekova N. Kh., et al. The effect of pulmonary hypertension of varying severity on the characteristics of the daily variability of the sinus rhythm // Modern functional diagnostics. — 2022. — № 2. — P. 27–33.
 13. Чазова И.Е., Мартынюк Т.В., Валиева С.З. и др. Евразийские клинические рекомендации по диагностике и лечению легочной гипертензии. — Евразийский кардиологический журнал. — 2020. — № 1. — С. 78–122. doi: 10.24411/2076-4766-2020-10002. Chazova I. E., Martynyuk T. V., Valieva S. Z., et al. Eurasian Clinical guidelines for the diagnosis and treatment of pulmonary hypertension. // Eurasian Journal of Cardiology. — 2020. — № 1. — P. 78–122.
 14. McLaughlin VV, McGoon MD. Pulmonary arterial hypertension // Circulation. — 2006. — Vol. 114(13). — P. 1417–1431.
 15. Galie N, Humbert M, Vachiery JL, et al. 2015 ESC/ERS Guidelines for the diagnosis and treatment of pulmonary hypertension: The Joint Task Force for the Diagnosis and Treatment of Pulmonary Hypertension of the European Society of Cardiology (ESC) and the European Respiratory Society (ERS); Endorsed by: Association for European Pediatric and Congenital Cardiology (AEPC), International Society for Heart and Lung Transplantation (ISHLT). Eur Heart J. 2016. 37(1): 67–119
 16. Castelli WP, Levi D, Wilson PWT, Kennel W. Sudden death: The view from Framingham. In Kostis JB, Sanders M (eds). The prevention of sudden death. E Wiley-Liss, New York, 1990 pp 1–8.
 17. Palatini P, Thijs L, Staessen JA, et al. Systolic Hypertension in Europe (Syst-Eur) Trial investigators. Predictive value of clinic and ambulatory heart rate and mortality in elderly subjects with systolic hypertension. Arc Intern Med 2002; 162:2313–2321.
 18. National Heart, Lung and Blood Institute Coronary Artery Surgery Study. A multicenter comparison of the effects of randomized medical and surgical treatment of mildly symptomatic patients with coronary artery disease, and registry of consecutive patients undergoing coronary angiography. Circulation 1981; 63:13–18.
 19. Dias A, Bourassa MG, Guertin MC, Tardif JC. Long-term prognostic value of resting heart rate in patients with suspected or proven coronary artery disease. Eur Heart J 2005;26:11–18.
 20. Kannel WB, Kannel C, Paffenberger RS, Cupples LA. Heart rate and cardiovascular mortality: the Framingham study. Am Heart J 1987; 113:1489–94.
 21. Seccareccia F, Pannozzo F, Dima F, et al. Heart rate as a predictor of mortality: the MATISS project. Am J Public Health 2001; 91:1258–1263.
 22. Jouven X, Empana JP, Schvartz PJ et al. Heart rate profile during exercise as a predictor of sudden death. N Engl J Med 2005; 352:1951–1958.
 23. Константинов В.В., Жуковский Г.С., Тимофеева Т.Н. и др. Ишемическая болезнь сердца, факторы риска и смертность среди мужского населения в связи с уровнем образования. Кардиология 1996, 1: 37–41. Konstantinov V. V., Zhukovsky G. S., Timofeeva T. N., et al. Coronary heart disease, risk factors and mortality among the male population due to the level of education. Cardiology 1996, 1:37–41.
 24. Шальнова С.А., Деев А.Д., Шестов Д.Б. и др. Прогностическая оценка эпидемиологических характеристик ишемической болезни сердца. Кардиология 1997, 9: 49–54. Shalnova S. A., Deev A. D., Shestov D. B., etc. Prognostic assessment of epidemiological characteristics of coronary heart disease. Cardiology 1997, 9:49–54.
 25. Загидуллин Н.Ш., Травникова Е.О., Загидуллин Ш.З. и др. Частота сердечных сокращений как фактор риска при остром коронарном синдроме // Кардиоваскулярная терапия и профилактика. 2008, № 7, т. 4, с. 6. Zagidullin N. S., Travnikova E. O., Zagidullin S. Z., etc. Heart rate as a risk factor in acute coronary syndrome // Cardiovascular therapy and prevention. 2008, No. 7, vol.4, p.6.
 26. Рыбыкина Г.В., Соболев А.В., Архипова О.А. и др. Холтеровское мониторирование ЭКГ при обследовании больных легочной гипертензией. Часть 1. Особенности сердечного ритма у больных легочной артериальной гипертензией. Терапевт, 2013, № 4, с. 4–14. Ryabykina G. V., Sobolev A. V., Arkhipova O. A. and others. Holter ECG monitoring in the examination of patients with pulmonary hypertension. Part 1. Features of heart rhythm in patients with pulmonary arterial hypertension. Therapist, 2013, No. 4, pp. 4–14.

Сведения об авторах

Курбонбекова Насиба Ходжамировна, аспирант отдела легочной гипертензии и заболеваний сердца. ORCID: 0000-0002-8065-0403

Соболев Александр Владимирович, д.т.н., ведущий научный сотрудник лаборатории ЭКГ. E-mail: ecg.newtekh@gmail.com, Sobolev@dms-at.ru. ORCID: 0000-0002-8040-0770

Кожемякина Елена Шамильевна, программист лаборатории ЭКГ. ORCID: 0000-0002-9349-0998

Каспарова Анна Михайловна, врач-кардиолог 2-го клинического отделения отдела легочной гипертензии и заболеваний сердца. ORCID: 0000-0002-2935-481X

Мартынюк Тамила Витальевна, д.м.н., руководитель отдела легочной гипертензии и заболеваний сердца. ORCID: 0000-0002-9022-8097

ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр кардиологии имени академика Е.И. Чазова» Минздрава России, Москва

Автор для переписки: Соболев Александр Владимирович. E-mail: ecg.newtekh@gmail.com, Sobolev@dms-at.ru

About author

Kurbonbekova Nasiba Kh., graduate student at Dept of Pulmonary Hypertension and Heart Diseases. ORCID: 0000-0002-8065-0403

Sobolev Alexander V., Doctor of Technical Sciences, leading researcher of the ECG Laboratory. E-mail: ecg.newtekh@gmail.com, Sobolev@dms-at.ru. ORCID: 0000-0002-8040-0770

Kozhemyakina Elena Sh., ECG laboratory programmer. ORCID: 0000-0002-9349-0998

Kasparova Anna M., cardiologist, 2nd clinical unit at Dept of Pulmonary Hypertension and Heart Diseases. ORCID: 0000-0002-2935-481X

Martynyuk Tamila V., MD, head of Dept of Pulmonary Hypertension and Heart Diseases. ORCID: 0000-0002-9022-8097

National Medical Research Center of Cardiology named after Academician E.I. Chazov, Moscow, Russi

Corresponding author: Sobolev Alexander V.

E-mail: ecg.newtekh@gmail.com, Sobolev@dms-at.ru

Статья поступила / Received 14.06.2022

Получена после рецензирования / Revised 11.09.2022

Принята в печать / Accepted 11.09.2022

Для цитирования: Курбонбекова Н.Х., Соболев А.В., Кожемякина Е.Ш., Мартынюк Т.М., Каспарова А.М.. Анализ динамики суточной вариабельности синусового ритма по данным Холтеровского мониторирования ЭКГ для оценки эффективности лечения больных легочной гипертензией. Медицинский алфавит. 2022;(20):29–35. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2022-20-29-35>

For citation: Qurbonbekova N. Kh., Sobolev A. V., Kozhemyakina E. Sh., Kasparova A. M., Martynyuk T. V. Analysis of the dynamics of the daily variability of the sinus rhythm according to Holter ECG monitoring to assess the effectiveness of treatment of patients with pulmonary hypertension. Medical alphabet. 2022;(20):29–35. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2022-20-29-35>



Стресс-индуцированная легочная гипертензия: определение и диагностика

Т. В. Найден¹, С. Ю. Бартош-Зеленая¹, В. Н. Федоретц²

¹ ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный университет им. И.И. Мечникова» Минздрава России, Санкт-Петербург

² ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет» Минздрава России, Санкт-Петербург

РЕЗЮМЕ

Первое гемодинамическое определение легочной гипертензии (ЛГ) было дано на одноименном Всемирном симпозиуме по ЛГ (WSPH, 1973) в Женеве как увеличение среднего давления в легочной артерии (ДЛАср) в покое >25 мм рт. ст., измеренного методом катетеризации. С 2004 г. в определение ЛГ помимо увеличения ДЛАср в состоянии покоя был включен и «нагрузочный» критерий: ДЛАср при физической нагрузке (ФН) >30 мм рт.ст. Однако на 4-м Симпозиуме WSPH в 2008 г. ввиду неопределенности взаимосвязи между возрастными изменениями сердечного выброса (СВ) при нагрузке и физиологии легочных сосудов, в частности легочного сосудистого сопротивления (ЛСС), данный критерий был исключен.

Учитывая тот факт, что давление в легочной артерии в покое повышается только при условии отсутствия $\geq 50\%$ легочной микроциркуляции, для наиболее раннего выявления заболевания целесообразным представляется использовать факторы, ведущие к увеличению сердечного выброса и повышению ЛСС. Более того, в клинической практике нередкими являются случаи манифестации ЛГ именно при ФН. В отсутствие консенсуса относительно определения стресс-индуцированной ЛГ данное состояние предлагается констатировать у лиц с нормальным средним давлением в легочной артерии (ДЛАср < 25 мм рт. ст.) в покое и увеличением ДЛАср > 30 мм рт. ст. при физической нагрузке (ФН), а также легочного сосудистого сопротивления (ЛСС) > 3 ед. Вуда (WU).

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: легочная гипертензия, катетеризация правых камер сердца, стресс-эхокардиография, давление в легочной артерии, легочное сосудистое сопротивление, физическая нагрузка.

Stress-induced pulmonary hypertension: definition and diagnosis

T. V. Naiden¹, S. Yu. Bartosh-Zelenaya¹, V. N. Fedoretz²

¹ Northwestern State University named by I.I. Mechnikov of the Department of Health of Russian Federation, St. Petersburg

² St. Petersburg State Pediatric Medical University, Russian Federation, St. Petersburg

SUMMARY

The first hemodynamic definition of pulmonary hypertension (PH) was given at the World Symposium on PH (WSPH, 1973) in Geneva as an increase in resting mean pulmonary artery pressure (mPAP) >25 mm Hg by heart chamber catheterization. Since 2004, in the definition of PH, in addition to an increase in resting mPAP, an 'exercise' criterion has also been included: mPAP at the peak of exercise >30 mm Hg. However, at the 4th WSPH Symposium in 2008, due to uncertainty of the relationship between age-related changes in cardiac output (CO) and pulmonary vascular physiology, in particular pulmonary vascular resistance (PVR) under exercise, this criterion was excluded.

Resting PH manifests only at the absence of $\geq 50\%$ of pulmonary microcirculation, so for the earliest diagnosis of the disease, it's necessary to use factors that provoke an increase in CO and PVR. Moreover, in clinical practice, manifestations of PH are not uncommon on exercise. In the absence of consensus the definition of stress-induced PH is defined in individuals with normal mPAP (< 25 mm Hg) at rest and elevated mPAP (>30 mm Hg) and PVR > 3 WU at the peak of exercise.

KEYWORDS: pulmonary hypertension, right heart catheterization, stress echocardiography, pulmonary artery pressure, pulmonary vascular resistance, exercise.

ВВЕДЕНИЕ

На современном этапе развития диагностических технологий выявление и определение клинического класса легочной гипертензии (ЛГ) не представляет затруднений. Тогда как оценка изменений среднего давления в легочной артерии (ДЛАср) и легочного сосудистого сопротивления (ЛСС) при физической нагрузке (ФН) до сих пор служит полем для дискуссий.

В первую очередь, это связано со сложностями применения катетеризации правых камер (КПК) сердца, метода «золотого» стандарта при ФН. Стресс-эхокардиография (стресс-ЭхоКГ) и кардиопульмональные тесты с ФН представляют собой перспективные неинвазивные инструменты, которые все шире внедряются в клиническую практику. Однако, еди-

ные критерии диагностики патологического ответа легочной гемодинамики на ФН, а также нормативы и данные по отдельным группам пациентов до сих пор отсутствуют.

Тем не менее клиническое значение нагрузочного тестирования для выявления стресс-индуцированной ЛГ состоит в наиболее ранней диагностике заболеваний, вызывающих чрезмерное увеличение ДЛАср и ЛСС при ФН, так как обнаружение ЛГ в покое обычно происходит при отсутствии $\geq 50\%$ легочной микроциркуляции [1]. Известно, что у здоровых субъектов ДЛАср повышается в среднем на 1 мм рт. ст./л сердечного выброса, тогда как у пациентов с ЛГ увеличивается ≥ 3 мм рт. ст./л. Проведение стресс-теста может быть показано пациентам с подозрением на связь клинических симптомов ЛГ с физической нагрузкой.

ЗНАЧЕНИЕ СТРЕСС-ИНДУЦИРОВАННОЙ ЛЕГОЧНОЙ ГИПЕРТЕНЗИИ В КЛИНИЧЕСКОЙ ПРАКТИКЕ

В 2004 г. к определению ЛГ (увеличение ДЛАСр в покое >25 мм рт. ст. методом КПК) было предложено добавить «нагрузочный» критерий: ДЛАСр при ФН >30 мм рт. ст. Однако на 4-м Симпозиуме WSPH в 2008 г. ввиду неопределенности взаимосвязи между возрастными изменениями сердечного выброса (СВ) при нагрузке и физиологией легочных сосудов, данный критерий был исключен из определения ЛГ. К этому вопросу снова вернулись на 6-м Всемирном конгрессе WSPH в 2018 году [2]. С этого времени понятие стресс-индуцированной ЛГ неизменно присутствует в рекомендациях по лечению различных заболеваний сердца и легких.

Так, оценка гемодинамики малого круга во время ФН может дать важную дополнительную информацию у пациентов с пороками сердца, такими как легкий и умеренный симптомный митральный стеноз, тяжелый бессимптомный митральный стеноз, легкий и умеренный симптомный аортальный стеноз, тяжелый бессимптомный аортальный стеноз, симптомная митральная и аортальная недостаточность, бессимптомная тяжелая аортальная и митральная недостаточность (ESC/EACTS, 2012, АНА/ACC, 2014, EACVI/ASE, 2016, ESC/EACTS, 2021), что позволит определить показания к своевременному оперативному лечению [3, 4, 5, 6]. У пациентов с риском развития легочной артериальной гипертензии (ЛАГ), к примеру, у больных системной склеродермией, стресс-тест помогает выявить вовлечение легочной гемодинамики на ранних стадиях. Нередко стресс-индуцированная ЛГ является единственным проявлением бессимптомного заболевания легочных сосудов, левых отделов сердца или самих легких. Жалобы на необъяснимую одышку у пациентов с известным хроническим заболеванием легких или сердца также должны служить поводом для оценки изменения ДЛАСр и ЛСС при ФН.

Как и любое нагрузочное тестирование, исследование легочной гемодинамики при ФН помимо диагностических, может преследовать также и прогностические цели у пациентов с установленной ЛГ. В особенности это касается пациентов с ЛАГ. Кроме того, в данной группе пациентов при неоднозначных результатах исследования в покое стресс-тест помогает исключить заболевания левых отделов сердца, как причины стресс-индуцированной ЛГ, а также оценить эффективность лечения (переносимость физической нагрузки и функция правого желудочка).

Таким образом, кандидатами для проведения исследования давления в легочной артерии при ФН могут быть как лица без явной патологии сердца или легких, так и пациенты с одышкой, которую невозможно отнести за счет уже установленных заболеваний сердца и/или легких.

Диагностические методы

Как легочная гипертензия покоя, так и стресс-индуцированная ЛГ определяются повышением ДЛАСр и ЛСС, измеренным инвазивным способом. Однако, реальная клиническая практика не подразумевает рутинного применения нагрузочной КПК в столь широкой когорте пациентов, которым она формально показана.

По мнению G. Kovacs et al. (2017), исследование легочной гемодинамики во время ФН инвазивным способом не связано

с дополнительным риском по сравнению с катетеризацией правых отделов сердца в покое и по своей безопасности сравнимо с кардиопульмональным нагрузочным тестированием при условии проведения в специализированных центрах. Однако публикаций по данному вопросу в современной литературе недостаточно. Естественным, нагрузочной катетеризации сердца должно предшествовать тщательное обследование в покое, которое позволит выявить абсолютные и относительные противопоказания к проведению тестирования.

Стресс-эхокардиография с физической нагрузкой

Эхокардиография (ЭхоКГ) представляет собой незаменимый метод исследования легочного кровообращения как в покое, так и при ФН. Метод позволяет неинвазивно оценить большинство показателей, определяющих физиологию и патофизиологию легочной гемодинамики, включая ДЛАСр, ЛСС, давление наполнения ЛЖ и СВ.

Среднее давление в легочной артерии может быть определено с использованием значения расчетного систолического давления ($0,61 \times \text{СДЛА} + 2$); давление наполнения ЛЖ — по соотношению доплеровской скорости пика Е трансмитрального кровотока и тканевой доплеровской скорости движения митрального кольца Е $\times$ ($1,9 + 1,24 \text{ Е/Е}\times$); СВ представляет собой произведение площади поперечного сечения (CSA) выносящего тракта ЛЖ (ВТЛЖ) и интеграла доплеровского спектра кровотока в нем ($\text{СВ} = \text{VTI} \times \text{CSA ВТЛЖ}$). Однако, несмотря на то, что в покое эти методы обеспечивают достаточно точную оценку гемодинамики, точность ЭхоКГ для оценки всех перечисленных параметров во время нагрузки в настоящее время неизвестна и требует проведения дальнейших исследований и сравнения с результатами катетеризации.

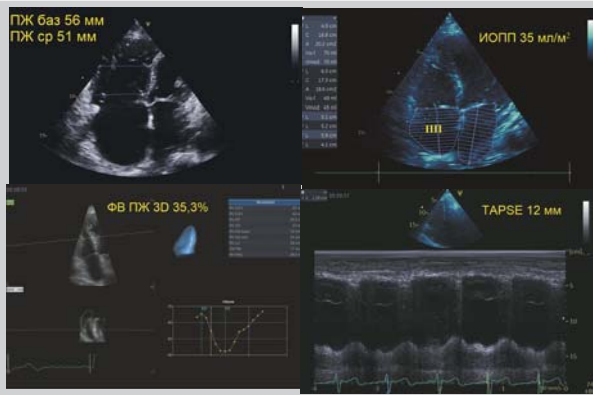
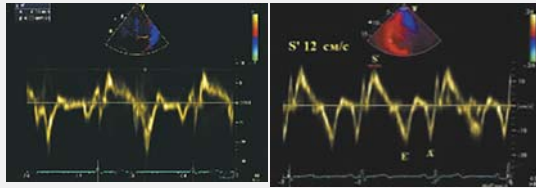
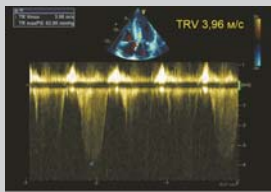
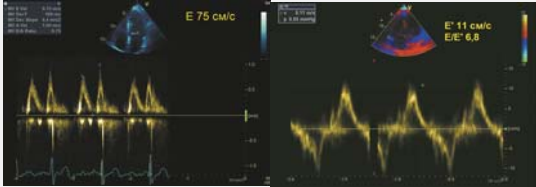
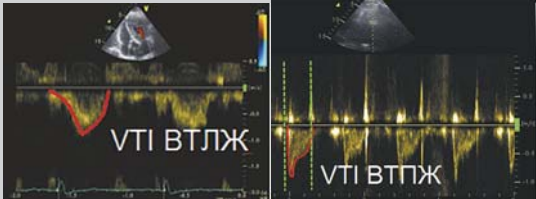
Стресс-ЭхоКГ с ФН позволяет также определить и другие важные прогностические показатели структуры и функции сердца на разных этапах нагрузки. В таблице 1 представлены эхокардиографические параметры, которые подлежат определению в покое и на пике ФН, при этом оценка максимальной скорости ТР и интеграла скорости кровотока в выносящем тракте обоих желудочков рекомендована также и во время выполнения ФН: на 50Вт (по данным Naeije R. et al., 2018, с изм.) [7].

Кардиопульмональное нагрузочное тестирование

Кардиопульмональное нагрузочное тестирование (КПНТ) служит методом комплексной оценки функциональных параметров кардиореспираторной системы при увеличении интенсивности нагрузки. По данным КПНТ, возможно выявление различных патологических ответов на ФН, таких как снижение ударного объема, нарушение хронотропного ответа, появление стресс-индуцированной гипоксемии (включая право-левое шунтирование), снижение мышечной экстракции кислорода и повышение вентиляционной потребности из-за увеличения мертвого пространства и гипервентиляции у пациентов с легочными сосудистыми заболеваниями. На основании полученного ответа можно дифференцировать ЛАГ от легочной веноокклюзионной болезни и хронической тромбоэмболической легочной гипертензии, а также определить факторы, лимитирующие нагрузку, у пациентов с ЛГ и сопутствующей хронической обструктивной болезнью легких, интерстициальными заболеваниями легких или заболеваниями левых отделов сердца. Было показано, что

Таблица 1

Возможности структурно-функциональной оценки сердца при стресс-индуцированной легочной гипертензии

Размеры и функция левых и правых камер сердца		✓		✓	✓
TDI левых и правых камер		✓		✓	✓
Скорость струи трикуспидальной регургитации		✓	✓	✓	✓
E/E'		✓		✓	✓
VTI ВЛЖ, ВПЖ		✓	✓	✓	✓

0 50W peak восп.

Примечание: ПЖ — правый желудочек, ПП — правое предсердие, ЛЖ — левый желудочек, ВПЖ — выносящий тракт правого желудочка, ВЛЖ — выносящий тракт левого желудочка, TAPSE — амплитуда систолической экскурсии трикуспидального кольца, TRV — максимальная скорость трикуспидальной регургитации, TDI — тканевая доплерография, peak — максимальная мощность физической нагрузки, VTI — интеграл линейной скорости кровотока.

пиковое потребление кислорода имеет прогностическое значение при идиопатической ЛАГ: значение $<10,4$ л·мин $^{-1}$ ·кг $^{-1}$ было взаимосвязано с ухудшением выживаемости [8]. D. Dumitrescu et al. (2017) также сообщили, что пиковое потребление кислорода $>18,7$ л·мин $^{-1}$ ·кг $^{-1}$ исключало ЛАГ у пациентов с системной склеродермией [9]. Кроме того, КПНТ можно использовать в сочетании с прямыми гемодинамическими измерениями, что позволит получить подробную информацию как о степени сердечной недостаточности, так и об изменениях легочной гемодинамики.

На рис. 4 представлены результаты КПНТ пациентки А. 58 лет с умеренным аортальным стенозом и жалобами

на одышку при ФН умеренной интенсивности. Исходно, по данным спирометрии, обращает внимание снижение минутной вентиляции ($V'E$), потребления кислорода ($V'O_2$, рис. 4, А); по данным ЭхоКГ: максимальный градиент на аортальном клапане составил 65 мм рт.ст., средний градиент (MPG) — 37 мм рт.ст., при сохраненной фракции выброса. На 5-й минуте нагрузки (75 Вт) зафиксировано увеличение MPG до 52 мм рт.ст., продолжавшееся в восстановительном периоде и сопровождавшееся повышением СДЛА >60 мм рт.ст. (рис. 4, В), а также достижением анаэробного порога (RER, рис. 4, С). Столь позднее достижение RER может свидетельствовать о сохранности

функции респираторной системы. $\dot{V}'E$ и потребление кислорода на пике нагрузки оказались снижены: соотношение пикового потребления кислорода к уровню ФН составило 18,8% (<20%), что в сочетании с сохранным дыхательным резервом ($\dot{V}'E_{peak}/\dot{V}'E_{max}$) позволяет дифференцировать одышку, как связанную с нарушением работы сердца, а не легких. Представленный случай иллюстрирует стресс-индуцированную ЛГ, связанную с патологией сердца.

Катетеризация правых камер сердца при физической нагрузке

Наиболее точная оценка легочной гемодинамики во время физической нагрузки сегодня возможна только с помощью инвазивного измерения ДЛАСр, ДЗЛА и СВ на каждой ступени нагрузки. Это позволяет рассчитать общее (ЛСС_{общ}=ДЛАСр/СВ) и легочное сосудистое сопротивление (ЛСС=(ДЛАСр-ДЗЛА)/СВ) при различной мощности ФН, а также получить кривую зависимости ДЛАСр от СВ.

Оценка ДЗЛА с помощью КПК может быть также технически сложной, особенно во время нагрузки. Трудности, как правило, связаны с неполным заклиниванием баллона, что приводит к гибридной оценке ДЛА и ДЗЛА и, следовательно, к завышению значения последнего. Тогда как величина ДЗЛА в покое и во время ФН представляет собой ключевой параметр, используемый для дифференциальной диагностики ЛАГ и ЛГ вследствие заболеваний левых отделов сердца. Кроме того, ДЗЛА используется для расчета ЛСС. Расчет ЛСС_{общ} не требует оценки ДЗЛА, что снижает количество источников ошибок по сравнению с определением ЛСС. Дело в том, что ЛСС в основном определяется сопротивлением прекапиллярных легочных артерий, а ЛСС_{общ}, помимо ЛСС включает также и сопротивление наполнения ЛЖ. Следовательно, изменение данных показателей на фоне ФН может служить ключом к дифференциальной диагностике ранних патологических изменений легочных сосудов и дисфункции левых отделов сердца.

Динамика ЛСС во время ФН у лиц моложе 50 лет крайне незначительна и составляет, по данным G. Kovacs et al. (2012), 0,95–1,45 дин·с·см⁻⁵/л·мин. Снижение же ЛСС_{общ} более выражено: 5–7 дин·с·см⁻⁵/л·мин [1]. Данный факт свидетельствует в пользу того, что во время нагрузки ЛСС практически не изменяется, в то время как сопротивление наполнения ЛЖ значительно уменьшается.

У лиц старше 50 лет, как и в группе молодых людей, наблюдалось очень умеренное снижение ЛСС. Тогда как ЛСС_{общ} не подвергалось снижению или, напротив, нарастало в степени,

пропорциональной возрасту, что может указывать на несостоятельность механизмов снижения сопротивления наполнения ЛЖ при увеличении СВ. У всех субъектов с начальным нарастанием ЛСС_{общ}, на последующих ступенях нагрузки данный показатель снижался, т.е. снижение сопротивления наполнения ЛЖ происходило отсрочено. Описанная динамика ЛСС_{общ} может служить основанием для выявления скрытой дисфункции левых отделов сердца, наиболее широко распространенной именно среди пожилых. При этом в состоянии покоя ДЗЛА среди лиц старше 50 лет и молодых людей значимо не различались [10].

Величина ДЛАСр определяется не только ЛСС, но и величиной внутригрудного давления. Последнее зависит от альвеолярного давления, фактического объема легких, эластичности легких, положения тела и, косвенно, от фазы дыхания и возраста. Колебания альвеолярного давления закономерно увеличиваются с увеличением дыхательного объема, эластичности легких и сопротивления дыхательных путей. Во время ФН, когда дыхательный объем значительно увеличивается, надежная оценка внутригрудного давления возможна только при усреднении его значений по нескольким дыхательным циклам.

Кардио-пульмональное нагрузочное тестирование

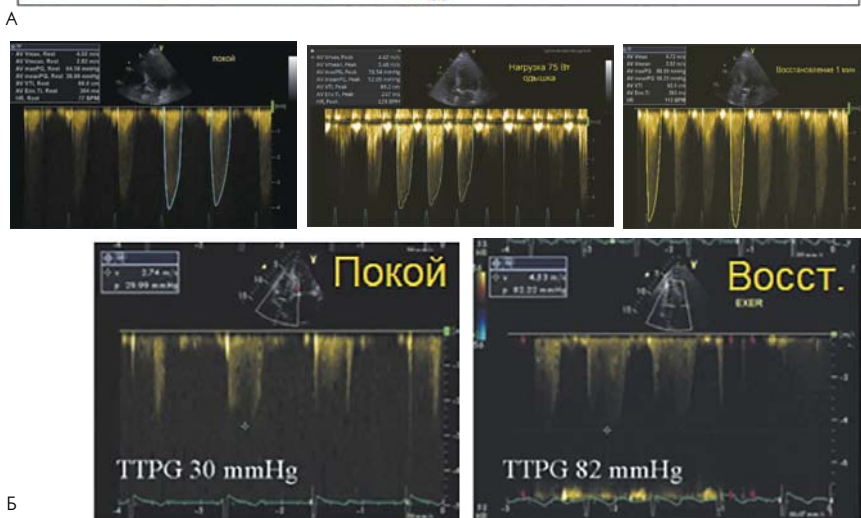
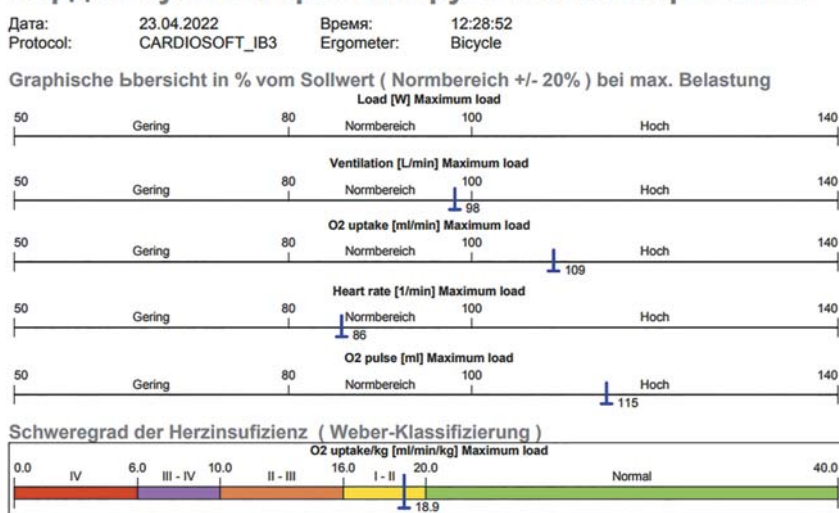
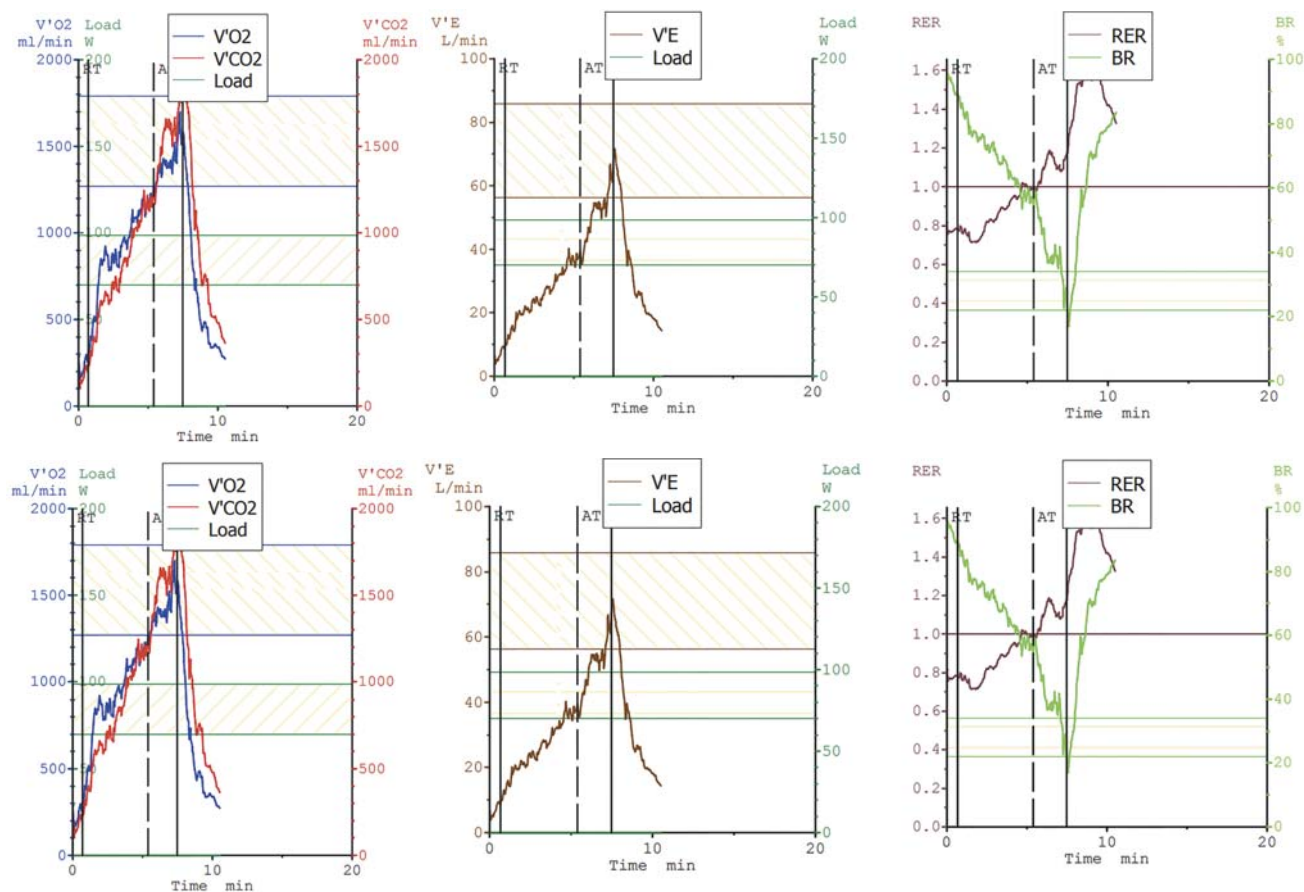


Рисунок 4 А, Б. Данные кардиопульмонального нагрузочного тестирования пациентки А. с умеренным аортальным стенозом. Объяснения в тексте.



С
Рисунок 4 С. Данные кардиопульмонального нагрузочного тестирования пациентки А. с умеренным аортальным стенозом. Объяснения в тексте.

Аналогичная зависимость прослеживается и в отношении определения СВ. Золотым стандартом определения СВ является прямой метод Фика, для применения которого необходимо измерять насыщение крови кислородом и концентрацию гемоглобина, а не рассчитывать их по парциальному давлению кислорода в артериальной и смешанной венозной крови. Кроме того, потребление кислорода должно быть измерено напрямую, а не взято из таблиц, основанных на стандартизированных условиях покоя у здоровых людей. Легочный кровоток может различаться в разных дыхательных циклах, однако СВ, определяемый методом Фика, соответствует среднему кровотоку за несколько дыхательных циклов. Как в покое, так и при нагрузке необходимы повторные оценки СВ с последующим усреднением измерений. Ввиду технической сложности повторны измерений СВ в условиях нарастания мощности нагрузки достаточным считается проведение как минимум двух измерений на каждой ступени.

В большинстве исследований легочной гемодинамики при ФН инвазивным способом, использовался ступенчатый или рам-протокол. В случае применения ступенчатого протокола измерения параметров гемодинамики проводились в конце каждой ступени нагрузки. Для достижения устойчивого состояния потребления кислорода при любом заданном уровне нагрузки обычно требуется 3–5 мин; однако на практике по понятным причинам в основном используются более короткие временные интервалы (например, 2-минутные ступени, с общей длительностью нагрузки ~10 мин). В дополнение

к гемодинамическим измерениям проводится газовый анализ системного и легочного кровотока в нескольких точках: как минимум, в покое и на пике нагрузки. В некоторых исследованиях использовались протоколы большей длительности с постоянным субмаксимальным уровнем нагрузки. Такие продолжительные нагрузочные тесты не проводились у пациентов с легочными сосудистыми заболеваниями или заболеваниями левых отделов сердца. Изометрическая ФН практически не влияет на СВ, но может изменить внутригрудное и системное артериальное давление, а также системное сосудистое сопротивление. Следовательно, данный протокол не может быть применим для оценки кровообращения в малом круге.

Параметры, характеризующие легочное кровообращение во время физической нагрузки

Впервые понятие «стресс-индуцированная легочная гипертензия» прозвучало в 1973 г. на совещании ВОЗ для обозначения латентной формы ЛГ, которая «становится очевидной только при увеличении кровотока» при ФН, в случае превышения ДЛАСр пограничного значения 30 мм рт. ст. Важно отметить, что исходно эксперты ВОЗ не приводили никаких дополнительных параметров ЛГ при ФН (возраст, мощность нагрузки, СВ), кроме ДЛАСр. В последующие годы по мере внедрения оценки легочной гемодинамики на фоне ФН в клиническую практику стало очевидным, что нормальная реакция легочного давления на нагрузку зависит от возраста и уровня этой нагрузки.

Следовательно, единое пороговое значение давления в легочной артерии для определения стресс-индуцированной ЛГ установить невозможно. Это подтверждают данные крупного мета-анализа почти 1200 здоровых добровольцев, проведенного G. Kovacs с соавт. в 2009 г. [10].

Основываясь на данных инвазивных измерений гемодинамики, у здоровых людей с нарастанием мощности ФН может наблюдаться увеличение ДЛАСр и ДЗЛА, умеренное снижение ЛССобщ и еще более умеренное снижение ЛСС. У лиц в возрасте моложе 50 лет увеличение СВ на 85% было связано с увеличением ДЛАСр на 41%, снижением общего ЛСС на 25% ($p < 0,0001$) и снижением ЛСС на 12% ($p < 0,01$).

В результате ретроспективного анализа, включившего не только пациентов, но и здоровых лиц, сформулированы гемодинамические критерии, позволяющие прогнозировать заболевания легочных сосудов или сердца в соответствии с реакцией легочного кровообращения на ФН [11]. При сравнении контрольной группы с пациентами с ДЛАСр в покое ≤ 20 мм рт.ст., имеющими заболевания сердца или сосудов легких, аномальный гемодинамический ответ определялся увеличением ДЛАСр > 30 мм рт.ст. в сочетании с ЛССобщ > 3 WU на пике нагрузки. Среди всех проанализированных параметров, данные критерии позволяли разделить пациентов без повышения ДЛАСр в покое на здоровых лиц и пациентов с заболеванием легочных сосудов или левожелудочковой сердечной недостаточностью, поэтому исследователи рекомендовали использовать их для определения нагрузочной легочной гипертензии [12].

В качестве альтернативы, для определения «нагрузочной» легочной гипертензии было предложено использовать кривую наклона ДЛАСр/СВ > 3 WU в том случае, если доступно несколько точек измерения ДЛАСр при различных значениях СВ. Преимущество метода с использованием кривой ДЛАСр/СВ заключается в отсутствии зависимости от пиковых значений гемодинамики при ФН, во время которых часто усиливаются дыхательные колебания, а наличие факторов, ограничивающих ФН (таких как боль в суставах, усталость) исключает максимальную нагрузку на сердечно-сосудистую систему [13].

Относительно повышения нормального ДЗЛА в покое и конечно-диастолического давления в левом желудочке (КДД ЛЖ) во время ФН не существует единого мнения. Различные пороговые значения ДЗЛА (в интервале 20–25 мм рт.ст.) считались верхней границей нормы при ФН, но доказательств, подтверждающих эти значения, недостаточно, что требует дальнейших исследований в данной области. Аналогично ДЛАСр, соотношение ДЗЛА/СВ и отношение КДД ЛЖ/СВ ЛЖ помогут лучше различать физиологические и патологические реакции со стороны ЛЖ, чем абсолютные значения ДЗЛА и КДД ЛЖ. У здоровых лиц эта взаимосвязь может в значительной степени зависеть от возраста и степени физической подготовки. Оценка ДЗЛА или КДД ЛЖ во время ФН не только технически сложна, но и в большой степени зависит от изменений внутригрудного давления. Однако в настоящее время для оценки легочного венозного давления во время ФН не найдено достойной альтернативы этим измерениям.

Наряду с описанными возможностями и преимуществами КПК для диагностики стресс-индуцированной ЛГ основным ограничением продолжает оставаться отсутствие гемодина-

мических критериев в различных возрастных и этнических группах. Кроме того, необходимо проверить их клиническую (одышка и ограничение физической нагрузки) и прогностическую значимость в отношении развития манифестной ЛГ в будущем в рамках проспективных исследований.

Один из путей решения данной задачи предполагает оценку коэффициента растяжимости легочных сосудов α с помощью специальной математической модели

$$[(1 + \alpha \text{ДЛП})5 + 5\alpha \text{ЛССобщ}Q] - 1 / \alpha,$$

где α представляет собой процентное изменение диаметра на мм рт.ст. увеличения давления растяжения; ДЛАСр — среднее давление в легочной артерии, ДЛП — давление в левом предсердии, ЛССобщ — общее легочное сопротивление в покое, рассчитываемое как ДЛАСр/СВ (в единицах Вуда), а Q — легочный кровоток (л/мин). Для достижения надежных результатов количество точек измерения ДЛАСр/СВ должно быть не менее 4-х. У здоровых лиц [7].

В исследовании R. Malhotra et al. (2016) были проанализированы параметры растяжимости легочных сосудов у пациентов с сердечной недостаточностью и ЛГ по сравнению с группой контроля. В группе пациентов с сердечной недостаточностью растяжимость была в 1,5 раза ниже, а в группе пациентов с ЛГ — в 3,5 раза ниже по сравнению с группой контроля [14].

Так, зависимость степени увеличения ДЛАСр при нарастании СВ от возраста (более быстрое нарастание ДЛАСр при увеличении интенсивности ФН у лиц старшего возраста), может объясняться не только изменением диастолических характеристик ЛЖ при нагрузке, но также и снижением растяжимости сосудов.

Вентрикуло-артериальная связь представляет собой еще один перспективный гемодинамический параметр для характеристики взаимодействия между правым желудочком и легочной сосудистой сетью [15]. Упрощенно, ударный объем в покое и ответная реакция ударного объема во время нагрузки могут характеризовать также и вентрикуло-артериальное соединение. Так, в одном из исследований вентрикуло-артериальная связь измерялась как отношение эластичности ПЖ (независимого от нагрузки показателя сократимости, Ees) и артериальной эластичности (показателя постнагрузки, Ea). Согласно данным R. Naeije et al. (2018), оптимальная механическая связь ПЖ с легочной артерией определяется соотношением $E_{\text{max}}/E_a = 1$, тогда как оптимальная передача энергии из желудочка в артериальную систему легких достигается при соотношении E_{max}/E_a 1,5–2 [6]. O.A. Spruijt et al. (2015) удалось показать, что во время ФН у пациентов с ЛАГ вентрикуло-артериальная связь ухудшалась из-за невозможности дальнейшего увеличения сократительной способности ПЖ [16].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Легочная гипертензия при ФН — это состояние, представляющее собой гемодинамические проявления раннего легочного сосудистого заболевания, патологии левых отделов сердца, легких или комбинации этих состояний.

Оценка легочной гемодинамики во время ФН в дополнение к показателям гемодинамики в покое может предоставить важную дополнительную информацию о причине

жалоб (одышки) и иметь важное прогностическое значение, открывает возможности для наиболее раннего выявления причины ЛГ. Согласно всем современным руководствам, катетеризация правых отделов сердца с физической нагрузкой продолжает оставаться «золотым стандартом», однако с учетом всех ограничений метода рутинное его применение в клинической практике ограничено. Использование всех возможностей современных неинвазивных модальностей стресс-тестирования позволяет получить достаточно полную информацию не только о легочной гемодинамике на фоне физической нагрузки, но и функции сердца.

Количественные критерии стресс-индуцированной ЛГ носят рекомендательный характер и представлены сочетанием увеличения ДЛАСр >30 мм рт. ст. и ЛСС >3 WU при нормальных значениях ДЛАСр покоя (<25 мм рт. ст.). Возможно, что более информативным критерием окажется не абсолютное значение ДЛАСр, а оценка кривой наклона ДЛАСр/СВ. Для определения патологического ответа на нагрузку представляется интересным исследовать изменения ДЗЛА и давления наполнения ЛЖ. Все это осуществимо с помощью современных возможностей стресс-ЭхоКГ, при условии корректного их использования и интерпретации данных опытными специалистами, а также при наличии соответствующей материально-технической базы.

Список литературы / References

1. Kovacs G., Olschewski A., Berghold A., Olschewski H. Pulmonary vascular resistances during exercise in normal subjects: a systematic review. *European Respiratory Journal*. 2012; 39(2): P. 319–328. DOI: 10.1183/09031936.00008611.
2. Galiè N., McLaughlin V.V., Rubin L.J., Simonneau G. 6th World Symposium on Pulmonary Hypertension // *European Respiratory Journal*. 2019. Vol. 53. P. 2–148.
3. Vahanian A., Iung B. The new ESC/EACTS guidelines on the management of valvular heart disease. *Archivment of Cardiovascular Diseases*. 2012; 105(10): P. 465–7. DOI: 10.1016/j.acvd.2012.09.001.
4. Nishimura R.A., Otto C.M., Bonow R.O. et al. American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines. 2014 AHA/ACC guideline for the management of patients with valvular heart disease: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines. *Journal of the American College of Cardiology*. 2014; 63(22): P. 57–185. DOI: 10.1016/j.jacc.2014.02.536.
5. Lancellotti P., Pellikka P., Budts W. et al. The clinical use of stress echocardiography in non-ischaemic heart disease: recommendations from the European Association of cardiovascular imaging and the American Society of Echocardiography. *European Heart Journal — Cardiovascular Imaging*. — 2016 Vol. 17(11): 1191–1229. DOI: 10.1016/j.echo.2016.10.016.
6. Vahanian A., Beyersdorf F., Praz F. ESC/EACTS Scientific Document Group, 2021 ESC/EACTS Guidelines for the management of valvular heart disease: developed by the task force for the management of valvular heart disease of the European Society of Cardiology (ESC) and the European Association for Cardio-Thoracic Surgery (EACTS). *European Heart Journal*. Vol. 43 (7): 561–632. DOI: 10.1093/eurheartj/ehab395.
7. Naeije R., Saggar R., Badesch D. Exercise-induced pulmonary hypertension: translating pathophysiological concepts into clinical practice. *Chest*. 2018; 154(1): P. 10–15. DOI: 10.1016/j.chest.2018.01.022.
8. Wensel R., Francis D.P., Meyer F.J. Incremental prognostic value of cardiopulmonary exercise testing and resting haemodynamics in pulmonary arterial hypertension. *International Journal of Cardiology*. 2013; 167(4): P. 1193–1198. DOI: 10.1016/j.ijcard.2012.03.135.
9. Dumitrescu D., Nagel C., Kovacs G. et al. Cardiopulmonary exercise testing for detecting pulmonary arterial hypertension in systemic sclerosis. *Heart* 2017; 103: 774–782. DOI: 10.1136/heartjnl-2016-309981.
10. Kovacs G., Berghold A., Scheidl S. et al. Pulmonary arterial pressure during rest and exercise in healthy subjects: a systematic review. *European Respiratory Journal*. — 2009; 34(4): 888–894. DOI: 10.1183/09031936.00145608.
11. Callan P., Clark A.L. Right heart catheterization: indications and interpretation. *Heart* 2016; 102(2): 147–157. DOI: 10.1136/heartjnl-2015-307786.
12. Herve P., Lau E.M., Sitbon O. et al. Criteria for diagnosis of exercise pulmonary hypertension. *Eur. Respir. J.* 2015; 46: 728–737. DOI: 10.1183/09031936.00021915.
13. Godinas L., Lau E.M., Chemla D. et al. Diagnostic concordance of different criteria for exercise pulmonary hypertension in subjects with normal resting pulmonary artery pressure. *European Respiratory Journal*. 2016; 48(1): 254–257. DOI: 10.1183/13993003.01678-2015.
14. Malhotra R., Bakken K., D'Elia E., Lewis G.D. Cardiopulmonary exercise testing in heart failure. *Journal of the American College of Cardiology. Heart Failure*. 2016; 4(8): P. 607–616. DOI: 10.1016/j.jchf.2016.03.022.
15. Todaro M.C., Carerj S., Zito C. Echocardiographic evaluation of right ventricular-arterial coupling in pulmonary hypertension. *American Journal of Cardiovascular Disease*. 2020; 10(4): 272–283.
16. Spruijt O.A., de Man F.S., Groepenhoff H. The effects of exercise on right ventricular contractility and right ventricular-arterial coupling in pulmonary hypertension. *American Journal of Respiratory Critical Care Medicine*. 2015; 191(9): 1050–1057. DOI: 10.1164/rccm.201412-2271OC.

Сведения об авторах

Найден Татьяна Викторовна, к.м.н., асс. кафедры функциональной диагностики¹, ORCID: 0000-0002-9770-472X

Бартош-Зеленая Светлана Юрьевна, д.м.н., проф. кафедры функциональной диагностики¹, ORCID: 0000-0001-7300-1942

Федорет Виттор Николаевич, д.м.н., профессор кафедры госпитальной терапии с курсом эндокринологии², ORCID: 0000-0002-6035-3185

¹ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова» Минздрава России

² ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет» Минздрава России

Автор для переписки: Найден Татьяна Викторовна, E-mail: tatiana.naiden@szgmu.ru

About author

Naiden T.V.¹, ORCID: 0000-0002-9770-472X

Bartosh-Zelenaya S. Yu.¹, ORCID: 0000-0001-7300-1942

Fedoretz V.N.², ORCID: 0000-0002-6035-3185

¹ Northwestern State University named by I.I. Mechnikov of the Department of Health of Russian Federation, St. Petersburg

² St. Petersburg State Pediatric Medical University, Russian Federation, St. Petersburg

Corresponding author: Naiden T.V., E-mail: tatiana.naiden@szgmu.ru

Статья поступила / Received 15.07.2022

Получена после рецензирования / Revised 16.08.2022

Принята в печать / Accepted 16.08.2022

Для цитирования: Найден Т.В. Бартош-Зеленая С.Ю., Федорет В.Н. Стресс-индуцированная легочная гипертензия: определение и диагностика. *Медицинский алфавит*. 2022;(20):36–42. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2022-20-36-42>

For citation: Naiden T.V. Bartosh-Zelenaya S. Yu., Fedoretz V.N. Stress-induced pulmonary hypertension: definition and diagnosis. *Medical alphabet*. 2022;(20):36–42. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2022-20-36-42>



Особенности атеросклероза сонных артерий у пациентов старческого возраста с острым коронарным синдромом

Сагатеян А. А.¹, Константинова Е. В.^{1,2}, Богданова А. А.^{1,2}, Свет А. В.², Першина Е. С.², Гиляров М. Ю.^{1,2}

¹ ФГАОУ ВО Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н. И. Пирогова, Москва, Россия

² Городская клиническая больница № 1 им. Н. И. Пирогова, Москва, Россия

РЕЗЮМЕ

Цель. Изучить особенности атеросклероза и признаки нестабильности АСБ в сонных артериях с помощью ультразвукового дуплексного сканирования у лиц старческого возраста с инфарктом миокарда или нестабильной стенокардией.

Материал и методы. В исследование были включены 87 пациентов с ОКС и 78 пациентов без ОКС в возрасте 75 лет и старше. На 2–5 сутки после госпитализации проводилось ультразвуковое дуплексное сканирование сонных артерий с помощью ультразвуковой системы Philips EPIQ5 с использованием линейного датчика L12–3. Оценивались количественные и структурные показатели атеросклероза сонных артерий.

Результаты. Частота выявления АСБ в сонных артериях у пациентов с ОКС была выше, чем у больных без ОКС — 78 и 67% ($p=0,179$). В группе больных с ОКС при сравнении с группой пациентов без ОКС чаще были выявлены признаки нестабильности АСБ: гетерогенная структура — 28,8 и 19,3% ($p=0,017$), гипоехогенный компонент — 39,2 и 9,9% ($p<0,001$), неровная поверхность — 46,3 и 8,2% ($p<0,001$), локальный кальциноз — 14,2 и 7% ($p=0,001$), при этом признаки изъязвления АСБ были обнаружены только в группе пациентов с ОКС — 1,9% ($p=0,412$). Встречаемость АСБ у мужчин была выше в группе больных с ОКС при сравнении с пациентами без ОКС, что составило 36,2 и 23,4% соответственно ($p=0,003$); среди женщин — выше в группе пациентов без ОКС при сравнении с группой больных с ОКС — 76,6 и 63,8% ($p=0,003$).

Выводы. Среди пациентов старческого возраста АСБ в сонных артериях встречались чаще в группе больных с ОКС, при этом среди данной группы пациентов достоверно чаще наблюдались АСБ с признаками нестабильности.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: острый коронарный синдром; старческий возраст; сонные артерии; атеросклероз.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Features of Atherosclerosis of the Carotid Arteries in Elderly patients with Acute Coronary Syndrome

Sagatelyan A. A.¹, Konstantinova E. V.^{1,2}, Bogdanova A. A.^{1,2}, Svet A. V.², Pershina E. S.², Gilyarov M. Yu.^{1,2}

¹ Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russia

² City Clinical Hospital № 1 n.a. N.I. Pirogov, Moscow, Russia

SUMMARY

Aim. To study features of atherosclerosis and signs of instability of atherosclerotic plaque in the carotid arteries by ultrasound duplex scanning of elderly patients with myocardial infarction or unstable angina.

Material and methods. The study included 87 patients with ACS and 78 patients without ACS aged 75 and over. Ultrasound duplex scanning of carotid arteries was carried out with Philips EPIQ5 ultrasound system and L12–3 linear array transducer on the 2–5 day from the moment of hospitalization. Quantitative and structural indicators of atherosclerosis of the carotid arteries were assessed.

Results. The frequency of detection of atherosclerotic plaques in carotid arteries in elderly patients with ACS was significantly higher than in patients without ACS — 78 and 67% ($p=0,179$). Patients with ACS compared with the group without ACS more often had signs of instability of atherosclerotic plaque: heterogenous structure — 28,8 and 19,3% ($p=0,017$), hypoechogenic component — 39,2 and 9,9% ($p<0,001$), irregular surface — 46,3 and 8,2% ($p<0,001$), local calcification — 14,2 and 7% ($p=0,001$). At the same time, ulcerated atherosclerotic plaques were found only in the group of patients with ACS — 1,9% ($p=0,412$). The incidence of atherosclerotic plaques in carotid arteries among men was higher in the group with ACS compared to patients without ACS — 36,2 and 23,4% ($p=0,003$); among women the data are higher in the group without ACS compared with the group of patients with ACS — 76,6 and 63,8% ($p=0,003$).

Conclusion. Atherosclerotic plaques in carotid arteries among elderly patients are more common in the group of patients with ACS. As the same time, among this group atherosclerotic plaques with signs of instability were significantly more common found.

KEYWORDS: acute coronary syndrome; elderly; carotid arteries; atherosclerosis.

CONFLICT OF INTEREST. The authors declare that they have no conflicts of interest.

ВВЕДЕНИЕ

В последние годы отмечается рост числа лиц пожилого и старческого возраста как в общей популяции, так и среди пациентов с острым коронарным синдромом (ОКС). При исследовании баз данных с 1966 года по 2000 год средний возраст пациентов с впервые возникшим ОКС составил: у мужчин — 65 лет, у женщин — 72 года; около 2/3 выявленных инфарктов миокарда приходилось на пациентов старше 65 лет и 1/3 — на пациентов старше 75 лет [1,2].

В исследовании Lopes R. D. и соавторов [3] было показано, что уровень смертности после первого перенесенного инфаркта миокарда в течение года является особенно высоким среди лиц пожилого и старческого возраста. Так, 13,3% — летальность среди пациентов в возрасте 65–79 лет; 45,5% — среди больных в возрасте 90 лет [3].

Атеросклероз — генерализованный и прогрессирующий процесс, который поражает как артерии коронарного, так и каротидного русла, при этом, как известно,

к неблагоприятному исходу приводит нестабильная атеросклеротическая бляшка (АСБ) [4].

В настоящее время существует большое количество методов визуализации АСБ в сонных артериях, в том числе инвазивных и неинвазивных. Однако наиболее быстрым, информативным, при этом с низкой лучевой нагрузкой методом визуализации остается ультразвуковое дуплексное сканирование [5].

Учитывая генерализованный характер атеросклеротических изменений, признаки нестабильности АСБ можно определить в нескольких артериях. При этом в ранее проведенных исследованиях, включающих пациентов различной возрастной группы, было показано более частое выявление признаков нестабильности АСБ в сонных артериях у пациентов с наличием ОКС [6]. Однако в настоящее время группа пациентов пожилого и старческого возраста недостаточно изучена, в связи с чем является актуальным изучение особенностей атеросклероза сонных артерий и оценка структуры АСБ у пациентов данной возрастной группы.

Цель работы — изучить особенности атеросклероза и признаки нестабильности АСБ в сонных артериях с помощью ультразвукового дуплексного сканирования у лиц старческого возраста с инфарктом миокарда или нестабильной стенокардией.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Работа выполнена на базе ГКБ № 1 им. Н. И. Пирогова. В исследование были включены 87 пациентов с ОКС в возрасте от 75 до 97 лет (53 женщины и 34 мужчины, средний возраст 83±5 лет) и 78 пациентов без ОКС (группа сравнения) в возрасте от 75 до 99 лет (57 женщин и 21 мужчина, средний возраст 82±5 лет). Все пациенты подписали информированное согласие на участие в исследовании.

В исследование не были включены пациенты в возрасте младше 75 лет и с наличием в анамнезе перенесенного острого нарушения мозгового кровообращения.

Больные с инфарктом миокарда и нестабильной стенокардией получали стандартную медикаментозную терапию: антиагрегантную, липидснижающую, терапию бета-блокаторами, ингибиторами ренин-ангиотензин-альдостероновой системы.

Кроме того, пациенты получали высоко интенсивную терапию статинами в первые сутки госпитализации (аторвастатин 40–80 мг или розувастатин 20–40 мг).

На 2–5 сутки после госпитализации проводилось ультразвуковое исследование сонных артерий с помощью ультразвуковой системы Philips EPIQ5 с использованием линейного датчика L12–3. Критериями наличия атеросклеротической бляшки (АСБ) служило утолщение сосуда на 0,5 мм и более или на 50% при сравнении с окружающими участками [7]. Количество АСБ определялось как суммарное количество бляшек во всех каротидных артериях справа и слева; учитывали наличие АСБ на протяжении общих сонных артерий, на уровне бифуркаций общих сонных артерий, во внутренних и наружных сонных артериях в группе пациентов с ОКС и в группе больных без ОКС.

При ультразвуковом исследовании сонных артерий оценивалась структура АСБ и наличие признаков нестабильности:

- гетерогенной структуры (наличие зон повышенной и пониженной эхогенности в АСБ, с преобладанием одной из них),
- гипоехогенного компонента (50% и более в АСБ участков низкой эхогенности),
- неровной поверхности (наличие углубления на поверхности АСБ более 0,5 мм, при этом неровная поверхность сочеталась с одним из предыдущих двух признаков нестабильности АСБ),
- участков локального кальциноза (небольшие включения кальция в виде гиперэхогенных зон в АСБ — менее 50% от размера АСБ) [7];
- признаков изъязвления (наличие кратерообразных углублений в АСБ, чаще размером 2 мм и более) [8].

Группы пациентов с ОКС и без ОКС были сопоставимы по основным анамнестическим, клиническим и лабораторным данным (табл. 1).

СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ

Статистический анализ данных проводился с использованием программы Statistica 10.0. Сравнение между группами количественных показателей осуществлялось с помощью критерия Манна-Уитни. Данные были представлены в виде

Таблица 1
Клинико-лабораторные характеристики пациентов (n=165)

Параметр	ОКС (n=87)	Без ОКС (n=78)	p
Возраст, годы	83±5	82±5	0,98
Женский пол, n (%)	53 (61)	57 (73)	0,09
Сахарный диабет, n (%)	28 (32,2)	22 (28)	0,38
Артериальная гипертензия, n (%)	86 (98,9)	73 (93,5)	0,039
ИМ в анамнезе, n (%)	34 (39,1)	30 (38,5)	0,5
ХБП С3а, n (%)	60 (69)	54 (69,2)	0,48
Общий ХС, ммоль/л	4,12 (3,42;5,67)	4,25 (3,63;5,1)	0,722
ТГ, ммоль/л	1,14 (0,87;1,46)	1,23 (0,95;1,68)	0,352
ХС ЛПН, ммоль/л	2,58 (1,84;3,6)	2,48 (1,92;3,05)	0,688
ХС ЛПОНП, ммоль/л	0,52 (0,4;0,74)	0,56 (0,49;0,79)	0,284
ХС ЛПВП, ммоль/л	1,12 (0,92;1,3)	1,21 (1;1,44)	0,091

Примечание: Возраст представлен в виде — М±SD, остальные данные представлены в виде абсолютного числа больных n (%). Лабораторные данные представлены в виде Ме (25%;75%). ИМ — инфаркт миокарда; ХБП — хроническая болезнь почек; ТГ — триглицериды; ХС — холестерин; ЛПН — липопротеиды низкой плотности; ЛПОНП — липопротеиды очень низкой плотности; ЛПВП — липопротеиды высокой плотности.

медианы и интерквартильного интервала (25-й процентиль; 75-й процентиль). Сравнение качественных показателей осуществляли с помощью критерия χ^2 . Качественные переменные были описаны абсолютными и относительными частотами — n (%). Различие групп полагали достоверным при $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ

При исследовании пациентов старческого возраста группы больных с ОКС и без ОКС были сопоставимы по основным клиническим и лабораторным характеристикам. Количество женщин в группе пациентов с ОКС было меньше при сравнении с группой пациентов без ОКС — 61 и 73% соответственно. Основные клиничко-лабораторные характеристики исследуемых пациентов представлены в табл. 1.

Частота выявления АСБ в сонных артериях среди пациентов с ОКС была значительно выше, чем среди больных без ОКС — 78 и 67% соответственно ($p=0,179$). Пациенты с ОКС при сравнении с группой больных без ОКС чаще имели сочетанное поражение общих и внутренних сонных артерий — 54,4 и 27% соответственно ($p=0,003$), при этом наиболее частой локализацией АСБ у пациентов без ОКС стали только общие сонные артерии — в 55,7% случаев. Данные представлены в табл. 2.

заболеваниями, при этом атеросклеротическое поражение каротидного бассейна также наблюдается чаще у пожилых. Так, в работе Sahadevan M. и др. [9], при ультразвуковом исследовании каротидных артерий было обнаружено, что у больных пожилого возраста чаще определяются АСБ (средний возраст $66 \pm 9,63$ года), при этом атеросклеротическое поражение сонных артерий наблюдалось в 74,8% случаев. По результатам нашего исследования, включающего пациентов исключительно старческого возраста, нами было выявлено, что пациенты с ОКС имели в 78% случаев АСБ, а пациенты без ОКС — в 67%.

Своевременное выявление АСБ и определение признаков нестабильности в сонных артериях может способствовать снижению риска развития сердечно-сосудистых и цереброваскулярных катастроф в будущем [10]. Необходимо ранее выявление с помощью ультразвукового дуплексного сканирования сонных артерий таких признаков АСБ, как гетерогенная структура, наличие участков единичного кальциноза, гипозоногенного компонента, неровной поверхности бляшки с признаками изъязвления [10, 11]. Наибольший риск представляют нестабильные АСБ с преобладанием гипозоногенного компонента или с наличием признаков изъязвления [11].

В связи с тем, что многочисленные исследования показали, что раннее выявление АСБ в каротидном бассейне, в том

Таблица 2
Частота и локализация АСБ у исследуемых пациентов

Параметр	ОКС (n=87)	Без ОКС (n=78)	p
Пациенты с АСБ, n (%)	68 (78)	52 (67)	0,179
Поражение только ОСА, n (%)	19 (28)	29 (55,7)	0,002
Поражение ВСА+ОСА, n (%)	37 (54,4)	14 (27)	0,003
Поражение ВСА+ОСА+НСА, n (%)	12 (17,6)	9 (17,3)	0,966

Примечание: Данные представлены в виде абсолютного числа больных n (%). АСБ — атеросклеротические бляшки; ОСА — общая сонная артерия; ВСА — внутренняя сонная артерия; НСА — наружная сонная артерия.

При оценке выраженности атеросклеротического поражения сонных артерий по данным ультразвукового дуплексного сканирования было выявлено 309 АСБ в группе пациентов с ОКС и 171 АСБ в группе больных без ОКС. Анализ структуры АСБ показал преобладание у пациентов с ОКС при сравнении с больными без ОКС таких признаков нестабильности АСБ, как гетерогенная структура — 28,8 и 19,3% ($p=0,017$), наличие гипозоногенного компонента — 39,2 и 9,9% ($p<0,001$), неровной поверхности — 46,3 и 8,2% ($p<0,001$) и единичного кальциноза — 14,2 и 7% ($p=0,001$). При этом признаки изъязвления были выявлены только в группе пациентов с ОКС у 1,9% ($p=0,412$) (рисунок 1: А-Д и рисунок 2).

Частота встречаемости АСБ у мужчин была выше в группе с ОКС при сравнении с пациентами без ОКС — 36,2 и 23,4% ($p=0,003$); при этом в группе без ОКС при сравнении с группой больных с ОКС чаще были выявлены АСБ среди женщин — 76,6 и 63,8% ($p=0,003$).

Обсуждение

В последние годы отмечается рост числа пациентов пожилого и старческого возраста с сердечно-сосудистыми

числе выявление признаков нестабильности, способно предотвратить сердечно-сосудистые и церебральные катастрофы, нами были определены признаки нестабильности АСБ как в группе больных с ОКС, так и в группе пациентов без ОКС. Было обнаружено, что пациенты с ОКС чаще имели признаки нестабильности АСБ при сравнении с группой больных без ОКС: гетерогенная структура, гипозоногенный компонент, неровная поверхность, признаки локального кальциноза и изъязвления. Подобные данные были получены в исследовании Urbak L. и др. [12], в которое были включены пациенты с ОКС (средний возраст — 57 лет) и пациенты со стабильными формами ИБС (средний возраст — 60 лет). Было выявлено, что частота нестабильных АСБ была выше в группе больных с ОКС [12]. Полученные нами результаты показали, что частота встречаемости признаков нестабильности АСБ в артериях каротидного русла выше у пациентов с ОКС при сравнении с пациентами без ОКС не только среди больных молодого возраста, но и среди когорты пациентов старческого возраста.

Стоит отметить, что Petersen C. с соавторами [13] рассматривали гетерогенную структуру АСБ таким же важным

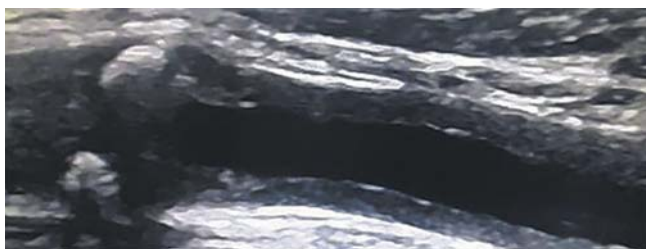


Рисунок 1 (A-D). Ультразвуковые характеристики АСБ. 1А — гетерогенная АСБ ОСА с переходом на ВСА. Стрелками указаны зоны повышенной эхогенности (слева) и зоны пониженной эхогенности (справа). АСБ — атеросклеротическая бляшка; ОСА — общая сонная артерия; ВСА — внутренняя сонная артерия

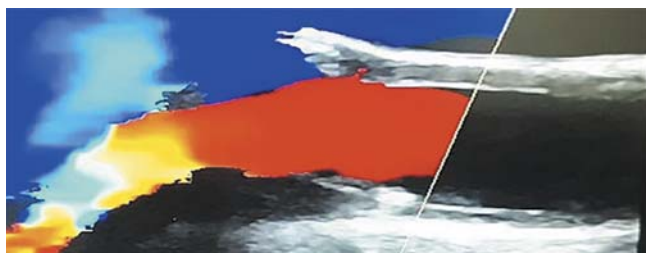


Рисунок 1В. Гипоехогенная АСБ ОСА с переходом на ВСА в режиме цветового доплеровского картирования. Стрелками указаны контуры гипоехогенной АСБ

предиктором неблагоприятного прогноза сердечно-сосудистого заболевания, как и возраст пациента. В связи с этим представляется особенно важным исследование каротидного бассейна на предмет наличия АСБ и определения признаков их нестабильности у группы пациентов старческого возраста. При этом наличие гипоехогенного компонента в АСБ и признаков изъязвления могут также повышать риск фатальных сердечно-сосудистых осложнений [11].

По данным исследования Morbiducci U. и др. [14] наиболее частой локализацией АСБ в каротидном бассейне являлась область бифуркации общих сонных артерий. По нашим данным в группе пациентов с ОКС старческого возраста чаще было выявлено повреждение атеросклеротическим процессом общих сонных артерий с переходом на внутренние сонные артерии, а у больных без ОКС чаще были поражены только общие сонные артерии. Обращало на себя внимание, что сочетанное поражение всех сонных артерий (общие, внутренние и наружные) встречалось реже, и данные не отличались в обеих группах, при этом поражение исключительно наружных или внутренних сонных артерий не встречалось среди исследуемых больных.

Данные о гендерных различиях среди пациентов с АСБ в БЦА в литературе представлены в небольшом количестве. Однако, при исследовании 6226 пациентов, было выявлено, что женщины с наличием нестабильных АСБ в сонных артериях чаще имели склонность к развитию инфаркта миокарда при сравнении с мужчинами [15]. В нашем исследовании частота встречаемости АСБ у мужчин была выше в группе с ОКС при сравнении с пациентами без ОКС, а среди женщин, наоборот, выше в группе пациентов без ОКС.

Выводы

1. В реальной клинической практике у пациентов старческого возраста частота встречаемости АСБ среди группы



Рисунок 1С. АСБ ОСА с неровной поверхностью и с переходом на ВСА. Стрелками указаны контуры неровной поверхности АСБ



Рисунок 1D. Кальцинаты в АСБ на уровне бифуркации ОСА с переходом на ВСА. Стрелками указаны участки кальциноза

больных с ОКС выше при сравнении с группой больных без ОКС, что составляет 78 и 67% соответственно.

2. Кроме того, среди пациентов старческого возраста с наличием ОКС чаще были обнаружены признаки нестабильности АСБ в сонных артериях: наличие гетерогенной структуры — 28,8%, гипоехогенного компонента — 39,2%, неровной поверхности — 46,3%, участков локального кальциноза — 14,2%, признаков изъязвления — 1,9%. При этом у пациентов без ОКС признаки изъязвления отсутствовали вовсе.

3. В группе больных с ОКС наиболее частой локализацией АСБ были общие и внутренние сонные артерии — 54,4%, при этом в группе пациентов без ОКС атеросклеротическое поражение чаще наблюдалось только в общих сонных артериях — 55,7%.

4. Было выявлено, что частота встречаемости АСБ у мужчин выше в группе пациентов с ОКС — 36,2%, при этом у женщин, наоборот, в группе пациентов без ОКС — 76,6%.



Рисунок 2. Оценка структуры АСБ по данным ультразвукового дуплексного сканирования

5. Таким образом, необходим контроль распространенности и характера атеросклеротического поражения сонных артерий у лиц старческого возраста с ОКС для своевременного выявления группы пациентов высокого риска развития повторных сердечно-сосудистых и цереброваскулярных катастроф.

Список литературы / References

1. Барбараш О.Л., Дупляков Д.В., Затеишиков Д.А. и др. Острый коронарный синдром без подъема сегмента ST электрокардиограммы. Клинические рекомендации 2020. Российский Кардиологический журнал. 2021;26(4):4449. Barbarash O.L., Duplyakov D.V., Zateishnikov D.A. et al. 2020 Clinical practice guidelines for Acute coronary syndrome without ST segment elevation. Russian Journal of Cardiology. 2021;26(4):4449. DOI:10.15829/1560-4071-2021-4449.
2. Lee P.Y., Alexander K.P., Hammill B.G. et al. Representation of elderly persons and women in published randomized trials of acute coronary syndromes. JAMA. 2001;286(6):708–13. DOI:10.1001/jama.286.6.708.
3. Lopes R.D., Gharacholou M.S., DaJuanicia N.H. et al. Cumulative incidence of death and rehospitalization among the elderly in the first year after NSTEMI. Am J Med. 2015;128(6):582–90. DOI:10.1016/j.amjmed.2014.12.032.
4. Libby P., Buring J.E., Badimon L. et al. Atherosclerosis. Nat Rev Dis Primes. 2019;5(1):56. DOI:10.1038/s41572-019-0106-z.
5. Dempsey R.J., Varghese T., Jackson D.C. et al. Carotid atherosclerotic plaque instability and cognition determined by ultrasound-measured plaque strain in asymptomatic patients with significant stenosis. J Neurosurg. 2018;128(1):111–119. DOI:10.3171/2016.10.JNS161299.
6. Погорелова О.А., Трипотень М.И., Гучаева Д.А. и др. Признаки нестабильности атеросклеротической бляшки в сонных артериях у больных с острым коронарным синдромом по данным ультразвукового дуплексного сканирования. Кардиология. 2017;57(12):5–15. Pogorelova O.A., Tripoten M.I., Guchaeva D.A. et al. Carotid Plaque

Instability in Patients With Acute Coronary Syndrome as Assessed by Ultrasound Duplex Scanning. Kardiologia. 2017;57(12):5–15. DOI:10.18087/kardio.2017.12.100.61.

7. Куликов В.П. Ультразвуковая диагностика патологии экстракраниальных сосудов головы и шеи. В кн.: Куликова В.П. Основы ультразвукового исследования сосудов. М.: Видар-М; 2015. с.103–198. Kulikov V.P. Ultrasound diagnostics of pathology of extracranial vessels of the head and neck. In: Kulikov V.P. The basics of vascular ultrasonography. Moscow: Vidar-M Publishers; 2015. pp.103–198.
8. Kern R., Szabo K., Hennerici M., Meairs S. Characterization of carotid artery plaques using real-time compound B-mode ultrasound. Stroke. 2004;35(4):870–875. DOI: 10.1161/01.STR.0000120728.72958.4A.
9. Sahadevan M., Chee K.H., Tai M.S. Prevalence of extracranial carotid atherosclerosis in the patients with coronary artery disease in a tertiary hospital in Malaysia. Medicine (Baltimore). 2019;98(15): e15082. DOI:10.1097/MD.00000000000015082.
10. Mantella L.E., Colledanchise K.N., Hetu M.F. et al. Carotid intraplaque neovascularization predicts coronary artery disease and cardiovascular events. Eur Heart J Cardiovasc Imaging. 2019;20(11):1239–1247. DOI:10.1093/ehjci/jez070.
11. Fedak A., Ciuk K., Urbanik A. Ultrasonography of vulnerable atherosclerotic plaque in the carotid arteries: B-mode imaging. J Ultrason. 2020;20: e135–e145. DOI:10.15557/JoU.2020.0022.
12. Urbak L., Sandholt B.V., Graebe M. et al. Patients with Unstable Atherosclerosis Have More Echolucent Carotid Plaques Compared with Stable Atherosclerotic Patients: A 3-D Ultrasound Study. Ultrasound Med Biol. 2020;46(9):2164–2172. DOI:10.1016/j.ultrasmedbio.2020.04.002.
13. Petersen C., Peçanha P.B., Venneri, L. et al. The impact of carotid plaque presence and morphology on mortality outcome in cardiologic patients. Cardiovasc Ultrasound. 2006;4:16. DOI:10.1186/1476-7120-4-16.
14. Morbiducci U., Kok A., Kwak B. et al. Atherosclerosis at arterial bifurcations: evidence for the role of haemodynamics and geometry. Thromb Haemost. 2016;115(03):484–92. DOI:10.1160/th15-07-0597.
15. Johnsen S.H., Mathiesen E.B., Joakimsen O. et al. Carotid atherosclerosis is a stronger predictor of myocardial infarction in women than in men: a 6-year follow-up study of 6226 persons: the Tromsø Study. Stroke. 2007;38 (11) 2873–80. DOI:10.1161/STROKEAHA.107.487264.

Сведения об авторах

Сагатеян Арпине Артуровна, аспирант кафедры интервенционной кардиологии и кардиореабилитации, <https://orcid.org/0000-0001-6177-6329>; SPIN-код: 7294-6495

Константинова Екатерина Владимировна, д.м.н., доцент кафедры факультетской терапии имени академика А.И. Нестерова лечебного факультета, профессор кафедры интервенционной кардиологии и кардиореабилитации, <https://orcid.org/0000-0003-4918-3795>; SPIN-код: 3156-9983

Богданова Александра Андреевна, к.м.н., доцент кафедры интервенционной кардиологии и кардиореабилитации, заведующая отделением функциональной диагностики, <https://orcid.org/0000-0001-5509-8023>; SPIN-код: 3991-9420

Свет Алексей Викторович, к.м.н., главный врач, доцент кафедры профилактической и неотложной кардиологии, ORCID 0000-0002-2278-7292, SPIN 3401-5653.

Першина Екатерина Сергеевна, к.м.н., заведующая Центром лучевой диагностики, <https://orcid.org/0000-0002-3952-6865>; SPIN-код: 7311-9276

Гиляров Михаил Юрьевич, д.м.н., заведующий кафедрой интервенционной кардиологии и кардиореабилитации, заместитель главного врача по терапевтической помощи, <https://orcid.org/0000-0002-2870-3301>; SPIN-код: 7713-6726

Corresponding author: Sagatelyan Arpine A.
E-mail: Sagatelyan.arpine@yandex.ru

About author

Arpine A. Sagatelyan, Postgraduate Student of the Department of Interventional Cardiology and Cardiac Rehabilitation, <https://orcid.org/0000-0001-6177-6329>

Ekaterina V. Konstantinova, Dr. Sci. (Med.), Associate Professor of the Department of Faculty Therapy named after Academician A.I. Nesterova Faculty of General Medicine, Professor of the Department of Interventional Cardiology and Cardiac Rehabilitation, <https://orcid.org/0000-0003-4918-3795>

Alexandra A. Bogdanova, Cand. Sci. (Med.), Associate Professor at the Department of Interventional Cardiology and Cardiac Rehabilitation, <https://orcid.org/0000-0001-5509-8023>

Alexey V. Svet, MD, PhD, Head of City Clinical Hospital, Associate Professor, Chair of Preventive and Emergency Cardiology, ORCID 0000-0002-2278-7292

Ekaterina S. Pershina, Cand. Sci. (Med.), Head of the Radiology Department, City Clinical Hospital, <https://orcid.org/0000-0002-3952-6865>

Mihail Yu. Gilyarov, Dr. Sci. (Med.), Head of the Department of Interventional Cardiology and Cardiac Rehabilitation, Deputy Chief Physician for Therapeutic Care, City Clinical Hospital, <https://orcid.org/0000-0002-2870-3301>

Corresponding author: Sagatelyan Arpine A.
E-mail: Sagatelyan.arpine@yandex.ru

Статья поступила / Received 14.08.2022
Получена после рецензирования / Revised 16.08.2022
Принята в печать / Accepted 10.08.2022

Для цитирования: Сагатеян А.А., Константинова Е.В., Богданова А.А., Свет А.В., Першина Е.С., Гиляров М.Ю. Особенности атеросклероза сонных артерий у пациентов старческого возраста с острым коронарным синдромом. Медицинский алфавит. 2022;(20):43–47. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2022-20-43-47>

For citation: Sagatelyan A.A., Konstantinova E.V., Bogdanova A.A., Svet A.V., Pershina E.S., Gilyarov M. Yu. Features of Atherosclerosis of the Carotid Arteries in Elderly patients with Acute Coronary Syndrome. Medical alphabet. 2022;(20):43–47. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2022-20-43-47>

Ультразвуковое исследование периферических нервов у пациентов с боковым амиотрофическим склерозом

Е. С. Дружинина¹, Д. С. Дружинин²

¹ ФГБОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н. И. Пирогова» Минздрава России; кафедры неврологии, нейрохирургии и медицинской генетики имени академика Л. О. Бадаляна педиатрического факультета

² ФГБОУ ВО «Ярославский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Кафедра нервных болезней с медицинской генетикой и нейрохирургией ЯГМУ

РЕЗЮМЕ

Введение. УЗИ периферических нервов помогает в дифференциальном диагнозе бокового амиотрофического склероза (БАС) и курательных заболеваний, имеющих схожую клиническую картину. Так при БАС площадь поперечного сечения (ППС) нервов рук и спинномозговых нервов не меняется или даже уменьшается в сравнении со здоровыми, тогда как при клинически схожем состоянии — мультифокальной моторной нейропатии (ММН) ППС нервов увеличивается и имеет характерный УЗ-паттерн изменений в виде увеличения ППС в проксимальных отделах нервов рук и спинномозговых нервов плечевого сплетения.

Цель исследования. Сравнить ППС нервов рук и спинномозговых нервов плечевого сплетения у здоровых и у пациентов с БАС и ММН.

Материалы и методы. Проведено УЗИ периферических нервов рук и спинномозговых нервов с 2-х сторон у 31 пациента с БАС и 25 пациентов с ММН. В контрольную группу вошли 92 здоровых не имеющих заболеваний нервной системы, а также состояний, потенциально вызывающих поражение периферической нервной системы. Исследование проводилось на ультразвуковом сканере «Sonoscape S20» (Китай) линейным датчиком 8–15 МГц.

Результаты. Средние значения ППС нервов рук и спинномозговых нервов плечевого сплетения у пациентов с БАС и в группе контроля в основном не отличались. Однако отмечалось увеличение ППС срединного нерва на уровне плеча слева на 23%, лучевого нерва справа — на 24%, а также локтевого нерва слева на уровне запястья на 33% в группе БАС по сравнению с контрольной группой. ППС нервов у пациентов с ММН была достоверно больше, чем у пациентов с БАС и по сравнению с контрольной группой. При этом увеличение нервных стволов наблюдалась в проксимальных отделах нервов рук и спинномозговых нервов плечевого сплетения с 2-х сторон.

Выводы. Ультразвуковое исследование периферических нервов является надежным инструментом дифференциальной диагностики состояний, имитирующих БАС, и может широко использоваться в рутинной клинической практике.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ультразвуковое исследование периферических нервов, площадь поперечного сечения, боковой амиотрофический склероз, мультифокальная моторная нейропатия.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ФИНАНСИРОВАНИЕ. Исследование проводилось без спонсорской поддержки.

Peripheral nerve ultrasound in ALS patients

E. S. Druzhinina¹, D. S. Druzhinin²

¹ Department of Neurology, Neurosurgery and Medical Genetics Pediatric Faculty «Russian National Research Medical University, N.I. Pirogov»; Department of Nervous System Diseases with Course of Medical Genetics and Pediatric Neurology

² Yaroslavl State Medical University, Ministry of Health of Russia; Department of Nervous System Diseases with Course of Medical Genetics and Pediatric Neurology

SUMMARY

Introduction. Peripheral nerve ultrasound helps in the differential diagnosis of amyotrophic lateral sclerosis (ALS) and treatable diseases with a similar clinic. The cross-sectional area (CSA) values of the nerves of the hands and spinal nerves in ALS is normal or even reduced in comparison with control. The CSA of the nerves in a clinically similar condition — multifocal motor neuropathy (MMN) increases and has a characteristic ultrasound pattern of changes in the form of an increase in CSA in the proximal parts of the nerves of the hands and spinal nerves of the brachial plexuses.

Materials and methods. Cervical root and peripheral nerve CSA on both sides was performed in 31 patients with ALS and 25 patients with MMN, using a 8–15 MHz linear array probe (ultrasound scanner «Sonoscape S20» (China). The control group included 92 healthy people without diseases of the nervous system, as well as conditions potentially causing damage to the peripheral nervous system.

Results. The average values of the CSA of cervical roots and peripheral nerves in the upper limb in ALS patients were normal. However, there was an increase in the CSA of the median nerve at the shoulder level on the left by 23%, the radial nerve on the right by 24%, and the ulnar nerve on the left at the wrist level by 33% in the ALS group compared with the control group. The CSA of nerves in MMN patients was significantly higher than in ALS and compared with the control group.

In MMN nerve trunks increase was observed in the proximal parts of the nerves in the upper limb and cervical roots on both sides.

Conclusions. Peripheral nerve ultrasound is a reliable tool for differential diagnosis ALS and ALS mimics. It can be widely used in routine clinical practice.

KEY WORDS: Peripheral nerve ultrasound, cross-sectional area, amyotrophic lateral sclerosis, multifocal motor neuropathy.

CONFLICT OF INTERESTS. Authors declare no conflict of interest.

FINANCING. The study was performed without external funding.

ВВЕДЕНИЕ

Боковой амиотрофический склероз (БАС) — фатальное дегенеративное заболевание мотонейронов, что проявляется прогрессирующей мышечной слабостью, атрофиями и поражением бульбарной мускулатуры. Диагноз верифицируется

на основании клинических признаков вовлечения верхнего мотонейрона и клинических и электрофизиологических признаков поражения нижнего мотонейрона, что отражено в пересмотренных критериях El Escorial от 2000 года для БАС [1–3]. При электромиографии выявляется текущий денерваци-

онный процесс с регистрацией спонтанной активности в виде положительных острых волн, потенциалов фибрилляций и потенциалов фасцикуляций, а также перестройки двигательных единиц по нейрогенному типу с увеличением амплитуды и длительности потенциалов двигательных единиц. Однако схожие изменения выявляются и при других нейрогенных заболеваниях — полинейропатиях, радикулопатиях и других поражениях периферических нервов. Использование УЗИ облегчает диагностику БАС и сегодня рассматривается как возможный вариант биомаркера этой болезни, особенно в отношении обнаружения фасцикуляций [4]. Также УЗИ периферических нервов помогает в дифференциальном диагнозе БАС и курабельных заболеваний, имеющих схожую клиническую картину. Так при БАС площадь поперечного сечения (ППС) нервов рук и спинномозговых нервов по данным многих авторов не меняется или даже уменьшается в сравнении со здоровыми [5–8], тогда как при клинически схожем состоянии — мультифокальной моторной нейропатии (ММН) ППС нервов увеличивается и имеет характерный УЗ-паттерн изменений в виде увеличения ППС в проксимальных отделах нервов рук и спинномозговых нервов плечевого сплетения. [9,10].

Цель исследования. Сравнить ППС нервов рук и спинномозговых нервов плечевого сплетения у здоровых и у пациентов с БАС и ММН.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследование вошли 31 пациент с верифицированным БАС в соответствии с клиническими и электрофизиологическими критериями El Escorial от 2000 года [1], 25 пациентов с ММН, диагноз которым был поставлен в соответствии

с критериями EFNS от 2010 года [11]. В контрольную группу вошли 92 здоровых не имеющих заболеваний нервной системы, а также состояний, потенциально вызывающих поражение периферической нервной системы.

Исследование проводилось на ультразвуковом сканере «Sonoscape S20» (Китай) линейным датчиком 8–15 МГц. Протокол исследования включал измерение ППС срединного, локтевого и спинномозговых нервов C5–C7 с обеих сторон в соответствии с выбранным протоколом [12]. Исследование проводили два оператора. ППС периферических нервов оценивалась с помощью встроенной автоматической функции ellipse tool. Все пациенты подписывали информированное согласие на проведение обследования.

Статистическая обработка данных проводилась в программе Statistica 10.0. Все представленные значения достоверно не отличались от нормального распределения при оценке по критериям Колмогорова-Смирнова, Шапиро-Вилке ($p>0.05$). При сравнении значений в группах БАС и ММН с контрольной результаты считались достоверными при $p<0.05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Средние значения ППС нервов рук и спинномозговых нервов плечевого сплетения в пациентов с БАС и ММН представлены в таблице 1. В таблице 2 представлены значения уровня достоверности различий средних значений ППС периферических нервов в группе БАС и ММН при сравнении с контролем.

Как видно из таблицы 2 средние значения ППС исследованных нервов у пациентов с БАС и здоровых испытуемых по большинству измерений не отличались между собой.

Таблица 1
Средние значения площади поперечного сечения у пациентов исследуемых групп

Характеристика	БАС (n=31)		ММН (n=25)		Контроль (n=92)	
Средний возраст, М±SD	59,1±10.0		59,1±10.0		35,9±18.3	
Мужчины, n(%)	16 (51,6)		15 (60)		47 (51,0)	
Женщины, n(%)	15 (48,4)		10 (40)		45 (49,0)	
	Dex	Sin	Dex	Sin	Dex	Sin
n. medianus (мм2, М±SD)						
MN1 (запястье)	8,89±1,65	8,81±2,09	9,54±3,23	9,48±2,75	6,33±2,22	5,94±3,22
MN2 (предплечье)	8,37±2,4	8,08±1,64	9,11±2,67	9,81±3,33	6,35±1,64	6,44±1,88
MN3 (плечо)	10,11±2,6	9,68±1,64	17,3±6,46	16,5±6,24	7,55±3,65	7,46±2,77
n. ulnaris (мм2, М±SD)						
UN1 (Запястье)	6,02±1,65	6,41±1,64	6,02±2,04	6,01±1,74	4,09±1,68	4,32±1,90
UN2 (Предплечье)	7,94±2,06	7,68±1,65	8,58±3,93	9,33±5,16	5,91±3,81	5,83±1,91
UN3 (Плечо)	8,9±2,04	8,18±1,60	13,38±5,85	13,3±4,08	6,55±2,35	6,58±2,80
n. Radialis (мм2, М±SD)						
R1 (спиральный канала)	6,56±1,35	6,35±1,16	10,41±1,65	9,24±2,15	5,04±1,85	4,91±1,71
Спинномозговые нервы плечевого сплетения (мм2, М±SD)						
C5	7,59±1,65	7,55±1,16	8,78±1,65	9,54±6,83	4,78±1,84	4,83±2,30
C6	9,94±1,65	10,34±2,6	15,9±1,65	14,7±8,23	7,11±1,25	7,29±2,20
C7	10,03±2,83	10,5±2,97	17,1±6,28	16,9±7,35	9,03±1,85	9,14±3,40

Таблица 2

Значения уровня достоверности Т-критерия Стьюдента у пациентов БАС и ММН в сравнении с группой контроля

Уровень	БАС		ММН	
	Dex	Sin	Dex	Sin
MN1	(t=8.05; p=0.6025)	(t=7.37; p=0.3207)	(t=6.17; p=0.0040)	(t=5.94; p=0.0573)
MN2	(t=4.53; p=0.1011)	(t=4.29; p=0.3507)	(t=5.48; p=0.0840)	(t=6.43; p=0.0060)
MN3	(t=5.38; p=0.3240)	(t=4.99; p=0.0447)	(t=12.4; p=0.0001)	(t=11.4; p=0.0000)
R1	(t=5.37; p=0.0014)	(t=4.57; p=0.6440)	(t=5.58; p=0.0943)	(t=4.26; p=0.1932)
UN1	(t=5.31; p=0.4492)	(t=6.52; p=0.0064)	(t=1.78; p=0.1833)	(t=5.36; p=0.0602)
UN2	(t=4.16; p=0.8258)	(t=5.23; p=0.0635)	(t=4.78; p=0.0043)	(t=11.4; p=0.0007)
UN3	(t=4.21; p=0.8932)	(t=3.85; p=0.0806)	(t=5.29; p=0.0003)	(t=5.8; p=0.00462)
C5	(t=0.93; p=0.9932)	(t=0.13; p=0.1433)	(t=4.84; p=0.0000)	(t=1.71; p=0.3102)
C6	(t=7.24; p=0.0574)	(t=5.64; p=0.8192)	(t=9.24; p=0.0072)	(t=7.32; p=0.0001)
C7	(t=1.32; p=0.2601)	(t=2.05; p=0.4622)	(t=9.54; p=0.0001)	(t=7.69; p=0.0001)

Достоверно больше была ППС нервов у пациентов с ММН, демонстрируя проксимальный паттерн увеличения нервных стволов — на уровне плеча и спинномозговых нервов плечевого сплетения с 2-х сторон. Однако у пациентов с БАС отмечалось увеличение ППС отдельных нервов — срединного нерва на уровне плеча слева на 23%, лучевого нерва справа — на 24%, а также локтевого нерва слева на уровне запястья на 33% по сравнению с контрольной группой.

ОБСУЖДЕНИЕ

Увеличение ППС спинномозговых нервов и нервных стволов на уровне плеча у пациентов с ММН по сравнению с контрольной группой [4], а также при сравнении с пациентами БАС [9,10] продемонстрировано во многих исследованиях и может служить дифференциальным признаком этих двух состояний [13] и сегодня все больше используется клиницистами.

Однако в большинстве исследований обнаружено уменьшение ППС у пациентов с БАС по сравнению с контрольной группой [5,14,15], при этом показано большое перекрытие ППС у пациентов с БАС и здоровых.

В нашем исследовании мы не получили уменьшение ППС у пациентов с БАС по сравнению с группой контроля, наоборот в большинстве случаев ППС исследованных нервных стволов находилась в границах нормальных значений.

В единичных работах описаны случаи увеличения ППС периферических нервов с БАС [16], где авторы делают смелое предположение о наличии отдельной группы пациентов БАС с наличием воспаления в нервах, что в последующем может послужить еще одной точкой приложения терапии, что согласуется с выявленными изменениями по данным МРТ сплетений у 30% больных [17]. В нашей работе мы получили увеличение ППС отдельных нервов рук в разных точках по сравнению с контрольной группой, что вероятнее всего связано с ограничениями исследования.

Мы не проводили пациентам с БАС генетическое тестирование, не учитывалась длительность заболевания от постановки диагноза до исследования. В работы вошли пациенты уже с установленным диагнозом БАС.

У пациентов с ММН также не учитывался стаж болезни и время исследования по отношению к последнему введению иммуноглобулинов. В обеих группах не учитывалась сопутствующая патология, в том числе и периферических нервов (травмы, туннельные нейропатии).

Выводы

Ультразвуковое исследование периферических нервов является надежным инструментом дифференциальной диагностики состояний, имитирующих БАС, и может широко использоваться в рутинной клинической практике.

Выражаем благодарность профессору С. С. Никитину и О. В. Гильвановой за внесенный вклад в работу.

Список литературы / References

- Brooks BR, Miller RG, Swash M, Munsat TL; World Federation of Neurology Research Group on Motor Neuron Diseases. El Escorial revisited: revised criteria for the diagnosis of amyotrophic lateral sclerosis. *Amyotroph Lateral Scler Other Motor Neuron Disord.* 2000 Dec;1(5):293–9. doi: 10.1080/146608200300079536. PMID: 11464847.
- de Carvalho M, Dengler R, Eisen A, England JD, Kaji R, Kimura J, Mills K, Mitsumoto H, Nodera H, Shefner J, Swash M. Electrophysiological criteria for diagnosis of ALS. *Clin Neurophysiol.* 2008 Mar;119(3):497–503. doi: 10.1016/j.clinph.2007.09.143. Epub 2007 Dec 27. PMID: 18164242.
- Bresch S, Delmont E, Soriani MH, Desnuelle C. Apport de l'électromyogramme dans le diagnostic précoce des SLA à début bulbaire: comparaison des critères d'El Escorial, d'El Escorial modifiés et d'Awaji [Electrodiagnostic criteria for early diagnosis of bulbar-onset ALS: a comparison of El Escorial, revised El Escorial and Awaji algorithm]. *Rev Neurol (Paris).* 2014 Feb;170(2):134–9. French. doi: 10.1016/j.neurol.2013.10.004. Epub 2013 Nov 14. PMID: 24239347.
- Grimm A, Prell T, Décard BF, Schumacher U, Witte OW, Axer H, Grosskreutz J. Muscle ultrasonography as an additional diagnostic tool for the diagnosis of amyotrophic lateral sclerosis. *Clin Neurophysiol.* 2015 Apr;126(4):820–7. doi: 10.1016/j.clinph.2014.06.052. Epub 2014 Aug 21. PMID: 25204706.
- Mori A, Nodera H, Takamatsu N, Maruyama-Saladini K, Osaki Y, Shimatani Y, Oda M, Izumi Y, Kaji R. Sonographic evaluation of cervical nerve roots in ALS and its clinical subtypes. *J Med Invest.* 2016;63(1–2):54–7. doi: 10.2152/jmi.63.54. PMID: 27040053.
- Tawfik EA. Vagus nerve ultrasound in a patient with amyotrophic lateral sclerosis. *Muscle Nerve.* 2016 Nov;54(5):978–979. doi: 10.1002/mus.25126. Epub 2016 Apr 28. PMID: 27016255.
- Nodera H, Takamatsu N, Shimatani Y, Mori A, Sato K, Oda M, Terasawa Y, Izumi Y, Kaji R. Thinning of cervical nerve roots and peripheral nerves in ALS as measured by sonography. *Clin Neurophysiol.* 2014 Sep;125(9):1906–11. doi: 10.1016/j.clinph.2014.01.033. Epub 2014 Feb 24. PMID: 24657162.
- Schreiber S, Abdulla S, Debska-Vielhaber G, Machts J, Dannhardt-Stieger V, Feistner H, Oldag A, Goertler M, Petri S, Kollwe K, Kropf S, Schreiber F, Heinze HJ, Dengler R, Nestor PJ, Vielhaber S. Peripheral nerve ultrasound in amyotrophic lateral sclerosis phenotypes. *Muscle Nerve.* 2015 May;51(5):669–75. doi: 10.1002/mus.24431. Epub 2015 Mar 14. PMID: 25155020.
- Grimm A, Décard BF, Athanasopoulou I, Schweikert K, Sinnreich M, Axer H. Nerve ultrasound for differentiation between amyotrophic lateral sclerosis and multifocal motor neuropathy. *J Neurol.* 2015;262(4):870–80. doi: 10.1007/s00415-015-7648-0. Epub 2015 Jan 28. PMID: 25626722.
- Goedee HS, van der Pol WL, van Asseldonk JH, Franssen H, Notermans NC, Vrancken AJ, van Es MA, Nikolakopoulos S, Visser LH, van den Berg LH. Diagnostic value of sonography in treatment-naïve chronic inflammatory neuropathies. *Neurology.* 2017 Jan 10;88(2):143–151. doi: 10.1212/WNL.0000000000003483. Epub 2016 Dec 7. PMID: 27927940.
- Joint Task Force of the EFNS and the PNS. European Federation of Neurological Societies/Peripheral Nerve Society guideline on management of multifocal motor neuropathy. Report of a joint task force of the European Federation of Neurological Societies and the Peripheral Nerve Society — first revision. *J Peripher Nerv Syst.* 2010 Dec;15(4):295–301. doi: 10.1111/j.1529-8027.2010.00290.x. PMID: 21199100.
- Наумова Е. С., Дружинин Д. С., Никитин С. С. Количественные соногра-

- фические характеристики периферических нервов у здоровых людей. *Анналы клинической и экспериментальной неврологии* 2017;11(1):55–61. DOI: <http://dx.doi.org/10.18454/ACEN.2017.1.6162>
- Naumova E. S., Druzhinin D. S., Nikitin S. S. Quantitative sonographic characteristics of peripheral nerves in healthy people. *Annals of Clinical and Experimental Neurology* 2017;11(1):55–61. DOI: <http://dx.doi.org/10.18454/ACEN.2017.1.6162>
13. Schreiber S, Vielhaber S, Schreiber F, Cartwright MS. Peripheral nerve imaging in amyotrophic lateral sclerosis. *Clin Neurophysiol.* 2020 Sep;131(9):2315–2326. doi: 10.1016/j.clinph.2020.03.026. Epub 2020 Apr 13. PMID: 32340815.
 14. Noto YI, Garg N, Li T, Timmins HC, Park SB, Shibuya K, Shahrizaila N, Huynh W, Matamala JM, Dharmadasa T, Yiannikas C, Vucic S, Kiernan MC. Comparison of cross-sectional areas and distal-proximal nerve ratios in amyotrophic lateral sclerosis. *Muscle Nerve.* 2018 Dec;58(6):777–783. doi: 10.1002/mus.26301. Epub 2018 Oct 15. PMID: 30019401.
 15. Ríos-Díaz J, Del Baño-Aledo ME, Tembl-Ferrairó JI, Chumillas MJ, Vázquez-Costa JF, Martínez-Payá JJ. Quantitative neuromuscular ultrasound analysis as biomarkers in amyotrophic lateral sclerosis. *Eur Radiol.* 2019 Aug;29(8):4266–4275. doi: 10.1007/s00330-018-5943-8. Epub 2019 Jan 21. PMID: 30666448.
 16. Schreiber S, Schreiber F, Garz C, Debska-Vielhaber G, Assmann A, Perosa V, Petri S, Dengler R, Nestor P, Vielhaber S. Toward in vivo determination of peripheral nervous system immune activity in amyotrophic lateral sclerosis. *Muscle Nerve.* 2019 May;59(5):567–576. doi: 10.1002/mus.26444. Epub 2019 Mar 8. PMID: 30734322.
 17. Riva N, Chaabane L, Peviani M, Ungaro D, Domi T, Dina G, Bianchi F, Spano G, Cerri F, Podini P, Corbo M, Carro UD, Comi G, Bendotti C, Quattrini A. Defining peripheral nervous system dysfunction in the SOD-1G93A transgenic rat model of amyotrophic lateral sclerosis. *J Neuropathol Exp Neurol.* 2014 Jul;73(7):658–70. doi: 10.1097/NEN.000000000000081. PMID: 24918640.

Сведения об авторах

Дружинина Евгения Сергеевна, к.м.н. доцент кафедры неврологии, нейрохирургии и медицинской генетики имени академика Л. О. Бадаляна педиатрического факультета¹, <https://orcid.org/0000-0002-1004-992X>

Дружинин Дмитрий Сергеевич, д.м.н. ассистент кафедры нервных болезней с медицинской генетикой и нейрохирургией², <https://orcid.org/0000-0002-6244-0867>

¹ ФГБОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н. И. Пирогова» Минздрава России; кафедры неврологии, нейрохирургии и медицинской генетики

² ФГБОУ ВО «Ярославский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Кафедра нервных болезней с медицинской генетикой и нейрохирургией ЯГМУ

About author

E. S. Druzhinina¹, <https://orcid.org/0000-0002-1004-992X>

D. S. Druzhinin², <https://orcid.org/0000-0002-6244-0867>

¹ Department of Neurology, Neurosurgery and Medical Genetics Pediatric Faculty 'Russian National Research Medical University. N.I. Pirogov'; Department of Nervous System Diseases with Course of Medical Genetics and Pediatric Neurology

² Yaroslavl State Medical University, Ministry of Health of Russia; Department of Nervous System Diseases with Course of Medical Genetics and Pediatric Neurology

Статья поступила / Received 17.07.2022

Получена после рецензирования / Revised 19.07.2022

Принята в печать / Accepted 07.09.2022

Для цитирования: Дружинина Е. С., Дружинин Д. С. Ультразвуковое исследование периферических нервов у пациентов с боковым амиотрофическим склерозом. *Медицинский алфавит*. 2022;(20):48–51. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2022-20-48-51>

For citation: Druzhinina E. S., Druzhinin D. S. Peripheral nerve ultrasound in ALS patients. *Medical alphabet*. 2022;(20):48–51. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2022-20-48-51>



Современные методы оценки функционального состояния бронхолегочной системы у детей (Часть 1. Методики, основанные на изучении спокойного (нефорсированного) дыхания у детей)

С. Э. Дьякова¹, Е. А. Орлова², Ю. Б. Ключина³, Т. В. Кудинова⁴

¹ НИКИ педиатрии и детской хирургии имени академика Ю. Е. Вельтищева ФГАОУ ВО РНИМУ им. Н. И. Пирогова Минздрава России

² СПб ГБУЗ «Детский Городской Многопрофильный Клинический Центр высоких медицинских технологий им. К. А. Раухфуса»

³ СПб ГБУЗ «Консультативно-диагностический центр для детей» Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования. «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации. Санкт-Петербургский Научно-исследовательский институт Фтизиопульмонологии Министерства Здравоохранения Российской Федерации.

⁴ ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр детской гематологии, онкологии и иммунологии имени Дмитрия Рогачева» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Лечебно-реабилитационный центр «Русское поле»

РЕЗЮМЕ

В данном обзоре приведена актуальная информация о практически значимых методах оценки внешнего дыхания у детей разного возраста с учетом их физиологических возможностей; в публикуемой первой части обзора уделено внимание методикам, основанным на изучении спокойного (нефорсированного) дыхания у детей раннего возраста (флоуметрии спокойного дыхания, компьютерной бронхофонографии, импульсной осциллометрии); данная информация предназначена для врачей функциональной диагностики, врачей-пульмонологов, неонатологов и педиатров.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: функциональная диагностика органов дыхания, современные методы диагностики, дети; флоуметрия спокойного дыхания, компьютерная бронхофонография, импульсная осциллометрия.

Modern functional diagnostics methods for the respiratory system in children (Part 1. Methods based on the study of tidal breathing in children)

S. E. Dyakova¹, E. A. Orlova², Y. B. Klyukhina³, T. V. Kudinova⁴

¹ Veltischev Research and Clinical Institute for Pediatrics and Pediatric Surgery of the Pirogov Russian National Research Medical University (Research Clinical Institute of Pediatrics)

² SPB GBUZ Children's City Multidisciplinary Clinical Center for High Medical Technologies named after. K. A. Rauhfus

³ SPbGBUZ 'Consultative and diagnostic center for children' Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education. 'St. Petersburg State Pediatric Medical University' of the Ministry of Health of the Russian Federation St. Petersburg Research Institute of Phthiopulmonology of the Ministry of Health of the Russian Federation.

⁴ Federal State Budgetary Institution 'National Medical Research Center for Pediatric Hematology, Oncology and Immunology named after Dmitry Rogachev' of the Ministry of Health of the Russian Federation, Treatment and Rehabilitation Center 'Russian Field'

SUMMARY

This review provides up-to-date information on practically significant functional diagnostics methods of the respiratory system in children, taking into account their physiological capabilities. In the published first part of the review, attention is paid to methods based on the study of tidal breathing in young children (tidal breathing flow-volume, computer bronchophonography, pulse oscillometry); this information is intended for functional diagnostics doctors, pulmonologists, neonatologists and pediatricians.

KEY WORDS: functional diagnostics of the respiratory system, modern diagnostic methods, children; tidal breathing flow-volume (TBFV), computerized bronchophonography, impulse oscillometry.

Возможность комплексной оценки функции внешнего дыхания у детей является актуальной пульмонологической проблемой [1–7]. С обновлением критериев живорождения и развитием высокотехнологичных перинатальных технологий врачам многих специальностей приходится все чаще сталкиваться с маленькими пациентами, нуждающимися в высокоточной неинвазивной динамической оценке респи-

раторной функции, а возрастающая распространенность бронхиальной астмы (БА) и затянувшаяся пандемия новой коронавирусной инфекции заставили обратить пристальное внимание на диагностику различных дыхательных нарушений. При этом остается важным не только своевременно выявлять бронхолегочные заболевания у детей разного возраста, но и качественно и безопасно проводить оценку

эффективности их терапии для профилактики обострений и предупреждения прогрессирования. Этим объясняется все расширяющийся арсенал диагностических методик для динамической оценки функционального состояния респираторного тракта у детей.

С учетом анатомо-физиологических особенностей, в раннем детском возрасте приоритетными являются методики, основанные на оценке спокойного, т.е. нефорсированного дыхания. К таким методам можно отнести флоуметрию спокойного дыхания, компьютерную бронхофонографию и импульсную осциллометрию.

Флоуметрия спокойного дыхания (tidal breathing flow-volume — TBFV), рекомендованная Европейским респираторным обществом (ERS) и Американским торакальным обществом (ATS), — информативный и наиболее безопасный метод оценки функции внешнего дыхания (ФВД) у детей раннего возраста, суть которого состоит в регистрации кривой «поток–объем» через герметично наложенную лицевую маску на лицо спящего младенца [8]. Для анализа используется не менее 3 последовательных попыток из 10–20 дыхательных циклов. Метод позволяет в динамике оценить функциональное состояние бронхолегочной системы у новорожденных детей (в том числе — у недоношенных с экстремально низкой массой тела), пациентов первого года жизни с хрипами неясной этиологии, стридорозным дыханием и апноэ, уточнить уровень и степень нарушения проходимости дыхательных путей (ДП), оценить эффективность проводимой ингаляционной терапии при бронхолегочной дисплазии (БЛД) и выявить группы риска по развитию хронической респираторной патологии. Снижение некоторых показателей на первом году жизни рассматривают как ранний диагностический маркер риска развития БА или гиперреактивности бронхов.

Абсолютных противопоказаний к данному исследованию нет, к относительным противопоказаниям для проведения TBFV относят острый ринит (тогда исследование откладывается на срок не менее 1 недели от момента выздоровления), риноконъюнктивальный синдром, наличие инородного тела в верхних дыхательных путях и различные пороки развития челюстно-лицевой области (атрезия хоан, расщелина твердого неба и т.д.). К ограничениям метода относится необходимость создания условий для спокойного сна малышей, в редких случаях возможны местные аллергические реакции при контакте с маской или герметизирующим маску гелем.

Для проведения TBFV необходим спирометр-пневмотахограф, который, в соответствии с требованиями совместной рабочей группы ERS и ATS [8] должен обладать рядом характеристик: общее «мертвое» пространство аппарата не должно превышать 1 мл/кг массы тела; общее сопротивление не должно превышать 1,2 кПа/л/с (до 50 мл/с) у недоношенных новорожденных, 0,7 кПа/л/с (до 100 мл/с) у доношенных новорожденных и 0,5 кПа/л/с (до 300 мл/с) у грудных детей и детей раннего возраста; частота дискретизации сигнала — не менее 100 Гц (для получения параметров петли «поток–объем» — 200 Гц).

В частности, флоуметрия спокойного дыхания может быть проведена детям в состоянии естественного сна с ис-

пользованием педиатрического модуля «BabyBodyS» в составе программно-аппаратного комплекса «MasterScreen» (Jaeger, Germany) (рис. 1) или прибора ExhalyzerD (EcoMedics; Swish) с программным обеспечением Breath (NDDMedizintechnik); при проведении этой методики используется уникальная система обозначений изучаемых параметров.

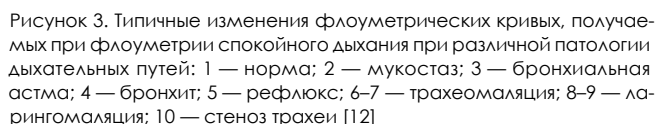
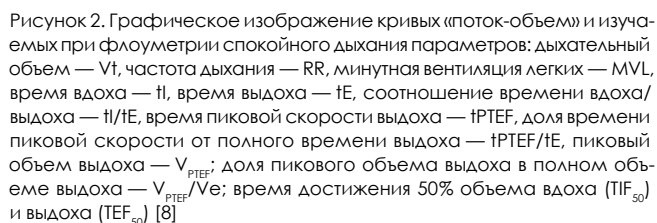
Для качественного проведения данного исследования очень важен подбор жесткой силиконовой маски оптимального размера: размер 0 — масса тела 2–4 кг, «мертвое» пространство маски — 10 мл (эффективный объем — 5 мл); размер 1 — масса тела 4–6 кг, «мертвое» пространство маски — 20 мл (эффективный объем — 10 мл); размер 2 — масса тела 6–12 кг, «мертвое» пространство маски — 30 мл (эффективный объем — 15 мл). В начале исследования (первые 20–30 дыхательных циклов) осуществляется проверка утечки воздуха из-под маски (дрейф петли «поток–объем»).



Рисунок 1. Методика проведения флоуметрии спокойного дыхания [10]

Данное исследование рекомендуется проводить преимущественно во время первого дневного сна с предварительным туалетом носовой полости. Во время процедуры ребенок дышит через респираторную маску, которую подключают к пневмотахографу, регистрирующему параметры спокойного дыхания. Учитывая лабильность дыхания у малышей, достоверными считают данные, полученные в результате многократных повторенных исследований, поэтому, как правило, необходима оценка не менее 3 последовательных тестов из 10–20 дыхательных циклов с выбором лучшей попытки по минимальному стандартному отклонению ключевых показателей [8–10]. Во время исследования регистрируют дыхательный объем (V_T), частоту дыхания (RR), минутную вентиляцию легких (MVL), время вдоха (tI), время выдоха (tE), соотношение времени вдоха/выдоха (tI/tE), время пиковой скорости выдоха (tPTEF), долю времени пиковой скорости от полного времени выдоха (tPTEF/tE), пиковый объем выдоха (VePTEF) и его долю в полном объеме выдоха (VePTEF/Ve) (рис. 2).

Даже при первичном визуальном анализе кривых, получаемых при TBFV, можно выделить характерные графические феномены, которые помогают заподозрить определенный вид респираторной патологии: аномалии развития верхних дыхательных путей, нарушение проходимости дыхательных путей на разном уровне, мукостаз и т.д. (рис. 3.)



ний [11–12]. Недоношенные младенцы первого полугодия жизни с низким соотношением $tPTEF/tE$ на фоне БЛД имеют значительно более высокий риск респираторной заболеваемости и повторных госпитализаций в связи с обструктивными нарушениями (с чувствительностью 78% и специфичностью 52%). Кроме того, снижение показателя tI/tE , в норме составляющего 0,71–0,72 вне зависимости от срока гестации, достоверно указывает на высокий риск развития обструктивной патологии [10, 12].

Флоуметрия спокойного дыхания может быть дополнена бронхолитической пробой, при которой проводится сопоставление основных изучаемых параметров после воздействия бронхолитика. Кроме того, динамика параметров TBV_V может служить основанием для оптимизации индивидуальной терапии различных обструктивных нарушений у детей раннего возраста [10,12].

В целом, благодаря неинвазивности, высокой чувствительности и отсутствию необходимости в медикаментозной седации, данный метод оценки респираторной функции у самых маленьких пациентов можно отнести к одним из самых информативным и безопасным в этом возрасте.

Компьютерная бронхофонография (КБФГ) [13] — это метод оценки дыхательного паттерна, основанный на анализе амплитудно-частотных характеристик спектра дыхательных шумов. Уникальная российская методика имеет довольно давнюю историю: идея регистрации и анализа дыхательных шумов зародилась в 1982 г. в стенах Института Педиатрии и Детской хирургии Минздрава РФ (г. Москва) в отделе хронических воспалительных и аллергических болезней легких под руководством профессора С. Ю. Каганова и была развита сотрудниками Московского Энергетического Института (г. Москва) во главе с профессором В. С. Малышевым, а сама методика исследования была запатентована коллективом соавторов; в последующем совершенствовались как сама измерительная аппаратура, так и компьютерное программное обеспечение для обработки получаемых акустических сигналов [13, 20–21].

На сегодняшний день КБФГ проводится с помощью компьютерно-диагностического комплекса (КДК) «Паттерн» (рис. 4), состоящего из высокочувствительного датчика-микрофона и аналого-цифрового преобразователя, который фиксирует и рассчитывает амплитудно-частотные характеристики дыхательных шумов, позволяя визуализировать и объективно оценивать звуковые характеристики дыхания, часто не выявляемые при физикальном обследовании.

показатели	0-28 дн	3 мес	6 мес	9 мес	12 мес
VT, мл/кг	6,6-7,4	8,7-9,3	8,6-10,6	8,3-10,6	8,6-10,6
II/IE	0,72-0,85	0,7-0,75	0,72-0,74	0,71-0,72	0,71-0,72
†PTEF/†E	0,4-0,43	0,29	0,26-0,29	0,26-0,29	0,26-0,29
RR, 1/мин	39±8,7	32±7		28±7	

e-mail: medalfavit@mail.ru



Рисунок 4. Компьютерно-диагностический комплекс «Паттерн-01» для проведения компьютерной бронхографии [13]



Рисунок 5. Примеры проведения компьютерной бронхофонографии у пациентов разного возраста [14,20]

С помощью высокочувствительного микрофона, размещаемого непосредственно во рту пациента или в лицевой маске (рис. 5), КБФГ в течение нескольких секунд позволяет зафиксировать временную кривую акустического шума, возникающего при спокойном дыхании, с последующей компьютерной математической обработкой, визуальным отображением характеристик дыхания (с частотой колебаний дыхательных шумов от 0 до 12,4 кГц) и расчетом так называемой «акустической работы дыхания» (АКРД) — итоговой интегральной характеристикой, пропорциональной физической работе легких, затрачиваемой на совершение акта дыхания [13–15, 20–21]; АКРД автоматически рассчитывается как площадь под кривой на бронхофонограмме во временной области (единицы измерения — джоули (Дж): 1 Дж = 1 кг·м²/с²).

При помощи КБФГ возможна визуализация изменений спектральной плотности воздушного потока, обусловленных факторами турбулентности в респираторном тракте. В ходе многочисленных исследований была выявлена прямая зависимость между величиной АКРД и наличием клинических проявлений бронхообструктивного синдрома у детей вне зависимости от их пола и возраста [19–21]. Каждый диапазон амплитуды звуковых волн, фиксируемых при КБФГ, окрашивается в определенный цвет и отображается на экране компьютера в виде объемного графического изображения (рис. 6). Компьютерный комплекс позволяет

отображать фиксируемые дыхательные шумы на экране монитора, в том числе те, которые плохо выявляются при аускультации: к примеру, зона высоких частот (выше 5 кГц) коррелирует со звуковыми характеристиками сухих хрипов.

При КБФГ оценивается амплитуда частотных колебаний, длительность выдоха и вдоха, продолжительность респираторного (дыхательного) цикла, наличие высокочастотных колебаний, «акустическая» работа дыхания (АКРД), мощность дыхания (площадь под кривой в частотной области). АКРД определяется в различных частотных диапазонах: АКРД0 — «нулевой» или базовый диапазон (0,2–1,2 кГц); АКРД1 — общий диапазон (1,2–12,6 кГц); АКРД2 — высокочастотный диапазон (5,0–12,6 кГц); АКРД3 — среднечастотный диапазон (1,2–5,0 кГц) [13, 20].

Было установлено, что в норме, независимо от возраста и пола, в высокочастотном диапазоне осцилляции отсутствуют или минимальны, и АКРД не превышает 0,2 мкДж. В среднечастотном диапазоне у здоровых детей в возрасте 1÷5 лет показатель АКРД составляет 3,04±3,17 мкДж, у детей 6÷9 лет — 1,6±1,27 мкДж, в группе 10÷15 лет — 1,9±1,24 мкДж. В низкочастотном диапазоне в норме АКРД составляет 71,75±41,9 мкДж у детей в возрасте 1÷5 лет, 46,2±20,8 мкДж у детей в возрасте 6÷9 лет и 41,9±17,8 мкДж у детей 10÷15 лет [13, 17–21].

В ходе сравнительных исследований выяснилось, что показатели КБФГ подвержены высокой вариабельности абсолютных значений, в связи с чем рядом авторов предлагается преимущественно использовать относительные параметры КБФГ, в частности коэффициент ϕ , который представляет из себя долю АКРД в каждом частотном диапазоне. Данный коэффициент вычисляют как отношение АКРД в соответствующем частотном диапазоне (низко-, средне-, высокочастотном) к АКРД_{общ} (соответственно, ϕ_1 , ϕ_2 , ϕ_3), что может способствовать получению более стабильных результатов КБФГ и унификации подходов к их трактовке. В частности, достоверно установлено, что обструктивным нарушениям вентиляции свойственно значимое увеличение уровня ϕ_3 (увеличение вклада АКРД в высокочастотном диапазоне), и бронхолитический тест при этом бывает всегда положительным (рис. 7) [19, 21].

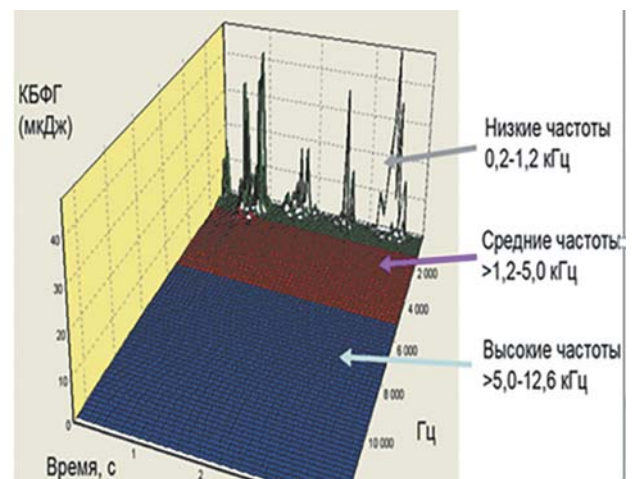


Рисунок 6. Распределение дыхательных шумов по частотным характеристикам при компьютерной бронхофонографии [20]

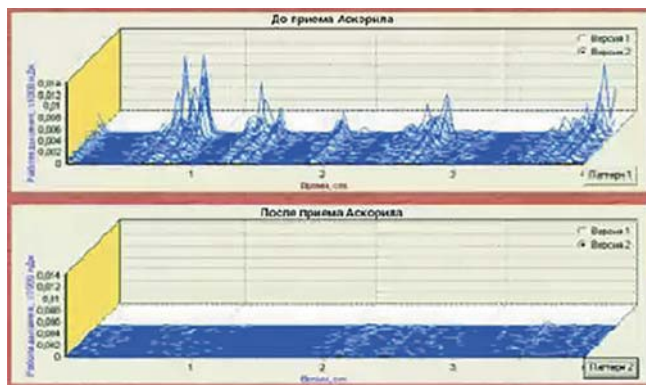


Рисунок 7. Пример визуального отображения положительного бронхолитического теста при компьютерной бронхофонографии [20]

В целом, оценка АКРД в трех частотных диапазонах позволяет провести анализ нарушений в респираторном тракте, начиная с верхних дыхательных путей (при рините, риносинусите, аденоидах), гортани и достигая бронхов (бронхиты) и паренхимы легких (пневмония, альвеолит, бронхолегочная дисплазия и т. д.) [18–21].

Несмотря на высокую точность и наглядность получаемых данных, возможность совмещения с тестами на выявление чувствительности к бронхолитику, данный метод исследования пока не приобрел широкого распространения ввиду отсутствия должной стандартизации методики и высокой вариабельности получаемых данных. До настоящего времени этот прибор не укомплектован индивидуальными лицевыми масками, что значительно ограничивает его использование у пациентов раннего возраста. Кроме того, из-за необходимости размещения микрофона в непосредственной близости от источника респираторных шумов имеется ряд сложностей с соблюдением современных гигиенических требований. Ввиду этих обстоятельств, КБФГ, созданная еще в 80-х годах XX века, до настоящего времени является достаточно редко используемой методикой в педиатрической пульмонологии.

Импульсная осциллометрия (IOS) — это неинвазивный и простой метод исследования механических свойств легких и проходимости дыхательных путей (ДП), осуществляемый при спокойном (спонтанном) дыхании пациента без активного сотрудничества с ним [28]. Простота техники, кратковременность процедуры, её необременительность для пациентов и исследователя позволяет использовать этот метод у детей раннего возраста (обычно с 2–3 лет), у пациентов с когнитивными и двигательными нарушениями (детским церебральным параличом (ДЦП), миопатиями и др.). В основу метода положено представление об аппарате вентиляции как об однородной механической системе, включающей в себя легкие с ДП и грудную клетку с дыхательными мышцами.

Разработанный на основе техники форсированных осцилляций (ТФО), метод позволяет оценить дыхательное сопротивление по параметрам отраженного от ДП осцилляторного (колеблющегося с определенной частотой) потока воздуха, подаваемого в ДП специальным устройством. Впервые ТФО была предложена А. Dubois в 1956 г. [22], а в 1981 г. Е. Muller и J. Vogel [23] представили IOS

как современную модификацию ТФО с новым способом образования осцилляторного потока генератором с диапазоном частот от 5 до 35 Гц, что существенно превышает обычную частоту дыхания, и анализом частотного поведения аппарата вентиляции в ответ на навязанные генератором внешние колебания воздуха. Поток осцилляций при наложении на спонтанное дыхание пациента меняет свои характеристики в соответствии с механическими свойствами ДП и легочной паренхимы и через измерительную часть прибора производится математический анализ параметров измененного осцилляторного потока [24, 25].

Оценка дыхательного сопротивления проводится с учетом его различных видов (фрикционное, эластическое и инерционное сопротивление) по параметрам осцилляторного сопротивления, что позволяет уточнить тип вентиляционных нарушений, уровень нарушения проходимости ДП (центральные или периферические ДП), состояние эластических легочных структур [24, 25, 27, 28].

Общее сопротивление дыхательной системы в осцилляторной механике называется дыхательным импедансом (Z_{rs}). Дыхательный импеданс имеет составляющие: резистанс (R_{rs}), представляющий фрикционное (неэластическое) сопротивление аппарата вентиляции, и реактанс (X_{rs}), представляющий собой сумму эластического и инерционного сопротивлений. В изучаемом диапазоне частот эластическая часть реактанса представлена отрицательными значениями, а инерционная часть — положительными. Точка перехода реактанса из отрицательных в положительные значения называется резонансной частотой (R_f), при которой реактивное сопротивление становится равным “0”, в результате чего все усилия дыхательной мускулатуры расходятся на преодоление только фрикционного сопротивления [24, 25, 27, 28].

В настоящее время выделены наиболее информативные параметры осцилляторного сопротивления: 1) дыхательный импеданс на 5 Гц (Z_{rs5}); 2) резистивный компонент дыхательного импеданса (резистанс) на частотах 5 Гц (R_{rs5}) и 20 Гц (R_{rs20}); 3) реактивный компонент дыхательного импеданса (реактанс) на частоте 5 Гц (X_{rs5}); 4) частотная зависимость резистивного компонента (ΔR_{rs5-20}) в диапазоне частот от 5 до 20 Гц, рассчитываемая по формуле: $\Delta R_{rs5-20} = R_{rs5} - R_{rs20}$; 5) резонансная частота (R_f), которая отражает вклад эластического и инерционного сопротивлений в формирование общего дыхательного сопротивления.

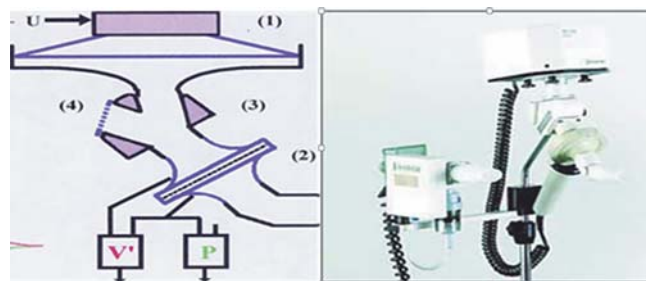


Рисунок 8. Принцип устройства и вид установки для проведения импульсной осциллометрии: U — электрический импульс; 1 — громкоговоритель; 2 — измерительная часть (пневмотахограф V1 и манометр P); 3 — Y-образная трубка; 4 — конечный импеданс [24]

Для косвенного определения уровня поражения ДП используют показатели при низких и высоких частотах осцилляций. Чем ниже частота осцилляторного потока, тем дальше по ДП распространяются волны. Поэтому для характеристики всех отделов дыхательных путей используют параметр резистанса на 5 Гц (Rrs5), а для оценки сопротивления преимущественно крупных и центральных дыхательных путей — величину резистанса на 20 Гц (Rrs20). Частотная зависимость резистивного компонента (ЧЗ Rrs5–20) — отражает состояние периферических отделов дыхательных путей [28, 29]. Величина Xrs5 (реактанс на 5 Гц) характеризует состояние периферических отделов и эластических структур легких.

По последним зарубежным данным, основное значение в оценке состояния периферических дыхательных путей имеет интегральный показатель «площадь реактанса» (AX), который включает в себя изменения Xrs5, Rf, также формы кривой X, и высоко коррелирует с Rf (рис. 9) [26].

Возможность оценить периферические отделы дыхательных путей относится к одному из преимуществ ИОМ [28–37].

Для диагностики типа вентиляционных нарушений по показателям IOS для пациентов с респираторной патологией предложен специальный алгоритм (табл. 2) [27]. Для детей IOS — это метод диагностики преимущественно обструктивных нарушений [30].

Исследование проводится на приборе, имеющем специальный модуль (например, в составе программно-аппаратного комплекса «MasterScreen» (Jaeger, Germany)), в соответствии с техническими и противоэпидемическими требованиями. Перед исследованием необходимо измерить рост и вес ребенка, так как показатели IOS зависят от антропометрических данных [29–32].

Во время исследования пациент, находясь в положении стоя или сидя (можно на коленях у взрослого) с вертикальным положением грудной клетки и прямым расположением головы, фиксирует щеки ладонями рук, плотно обхватывает зубами и губами пластиковый мундштук, язык располагается под мундштуком, нос перекрывается специальным носовым зажимом (для малышей возможно перекрытие пальцами мамы) (рис. 10). Ребенок спокойно дышит в течение 12–16 сек (для взрослых — 30 сек), не делая глотательные движения, не перемещая язык во рту, не перекрывая мундштук, не издавая звуки при дыхании, не форсируя и не ускоряя дыхание, так как все эти артефакты искажают параметры, нарушая их воспроизводимость. Ограничением в использовании IOS могут быть состояния, при которых невозможно плотное (герметичное) соединение пациента с прибором (травмы или пороки развития челюстно-лицевого аппарата, плач ребенка).

Так как техника не связана с физическим усилием и не вызывает усталость дыхательной мускулатуры, количество проводимых попыток не ограничено (чаще от 3 до 7), но для анализа необходимо получить как минимум 3 воспроизводимые попытки без артефактов, с учетом величины воспроизводимости основных показателей для детей [26]. Полученные фактические значения основных параметров (Zrs5, Rrs5, Rrs20, ЧЗ Rrs5–20, Xrs5, Rf)

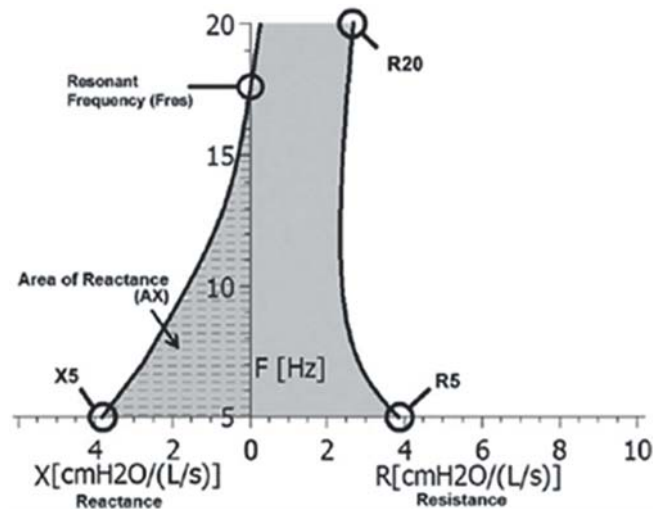


Рисунок 9. Графическое изображение основных показателей импульсной осциллометрии (reactance-реактанс, X5(Xrs5) — реактанс на частоте 5 Гц, resistance-резистанс, R5 (Rrs5) и R20(Rrs20) — резистанс на 5 и 20 Гц, AX — интегральный показатель (area of reactance), F-резонансная частота (Rf)

Таблица 2
Виды вентиляционной недостаточности по показателям импульсной осциллометрии [27]

Показатель	Вид вентиляционных нарушений		
	обструктивный	рестриктивный	смешанный
Zrs	↑	↑	↑
Rrs5	↑	N	↑
Rrs20	↑ или N	N	↑ или N
ЧЗ Rrs5–20	↑	N	↑
Xrs5	↓	↓	↓
Xrs35	↓	N	N или ↓
Rf	↑	↑	↑



Рисунок 10. Методика проведения IOS у дошкольника [29]

соотносят с должными величинами (ДВ), которые представлены разными авторами; в последних модификациях приборов используются ДВ Европейского Респираторного Общества (ERS) [26].

Считается, что вентиляционная функция нарушена, если один из основных параметров (Rrs5, Xrs5), или оба параметра изменены. Однако для полной интерпретации результатов исследования необходимо проводить анализ всех информативных параметров, с учетом наличия шунтов, которые приводят к частичной потере осцилляционного потока из-за колебательных движений структур аппарата вентиляции и изменяют величину показателей. Так называемый «верхний шунт», возникающий за счет колебания щек и внегрудных дыхательных путей (стенки глотки и гортани), может быть скорректирован поддержкой щек руками при проведении исследования, он слабо выражен при низкой частоте и возрастает при высокой частоте; «нижний шунт», при котором из-за повышенной податливости стенок мелких бронхов и альвеолярных структур часть осцилляций переходит на грудную стенку и занижаются истинные показатели сопротивления (например, при эмфиземе), скорректировать невозможно [25, 27, 28].

Принято считать, что в норме для детей параметры осцилляционного сопротивления Zrs5, Rrs5, Rrs20 не должны превышать 140% ДВ, а для параметра Xrs5 отклонение от нормы ($\Delta Xrs5$) не должно превышать 0,15 кПа/л/с (табл. 3) [29].

Однако сохранение значений основных показателей IOS в пределах нормы полностью не исключают наличия обструктивных нарушений у пациента из-за возможного влияния нижегрудного шунта, занижающего параметры импульсного сопротивления, в том числе при гиперинфляции легких [25, 27, 28].

Изолированное увеличение параметров ЧЗ Rrs5–20 и Rf не являются признаками обструктивного нарушения

вентиляции, если основные параметры (Rrs5, Xrs5) осцилляционного сопротивления находятся в пределах должных величин, и может встречаться даже у здоровых детей до 14–18 лет (при отсутствии патологии ДП) с избыточной массой тела и астеничным телосложением. Такое поведение этих параметров является особенностью детей, обусловленное возрастными характеристиками эластических свойств верхних ДП, роста структур трахеобронхиального дерева, а также «верхним шунтом» (колебания щек, податливых стенок глотки и гортани при осцилляциях). При нарушениях проходимости ДП у детей чаще увеличиваются параметры резистивного компонента импеданса (Rrs5, Rrs20), а для детей раннего возраста к наиболее чувствительным относится параметр Xrs5 [31–35].

Для диагностики уровня поражения трахеобронхиального дерева у детей в настоящее время предложен алгоритм, позволяющий определить уровень обструкции (центральная или периферическая) с его анатомическим уточнением (таб. 4) [30].

Представленный алгоритм диагностики уровня поражения ДП уже применялся для функциональной оценки состояния бронхолегочной системы в группах пациентов, у которых проведение классических легочных функциональных тестов затруднительно: у детей 3–7 лет с бронхолегочной дисплазией в анамнезе [34–35], у детей с онкогематологической патологией, перенесших аллогенную трансплантацию гемопоэтических стволовых клеток [36]. В ряде случаев показатели IOS более чувствительны для выявления обструктивных нарушений у детей с клиническими симптомами БА по сравнению со спирометрией и бодиплетизмографией [29, 31–33], а также при проведении бронходилатационной пробы (БДП) [29, 32, 33]. Однако для оптимальной ее оценки с помощью IOS еще должны быть определены пороговые и референсные значения параметров для каждой отдельной популяции

Таблица 3
Градация выраженности изменений
основных показателей импульсной осциллометрии у детей [29]

Параметр	Степень выраженности изменений		
	умеренно	значительно	резко
Zrs (% должного)	До 150	151–223	Более 223
Rrs5 (% должного)	До 150	151–224	Более 224
Rrs20 (% должного)	До 142	143–212	Более 212
Xrs5, кПа/л/с	-0,38 — (-0,68)	-0,69 — (-1,18)	Ниже -1,18
$\Delta Xrs5$, кПа/л/с	0,17–0,35	0,36–0,65	Более 0,65
Rf, Гц	24,0–35,9	40,0–55,9	Более 55,9

Таблица 4
Диагностика уровня вентиляционных нарушений по данным IOS у детей [30]

Тип нарушений	Обструктивные нарушения		
	Внегрудной уровень	Внутригрудной уровень	
		Внепульмо-нальный	Внутрипуль-мональный
Параметр			
Zrs	↑ или N	↑	↑
Rrs5	↑ или N	↑	↑
Rrs20	↑ или N	N	N
ЧЗ (Rrs5–Rrs20)	N	↑	↑
Rf	N	↑ или N	↑ или N
Xrs5	N	N	↓

и каждого осциллометра (возможно, с использованием так называемой Z-score-оценки) [26].

Таким образом, IOS, являясь современным и перспективным методом исследования вентиляционной функции легких, может быть использована как отдельный скрининговый метод у детей раннего возраста, так и в дополнение к существующим классическим методам оценки респираторной функции, что позволит повысить уровень функционального контроля при заболеваниях легких. Имея ряд достоинств и преимуществ, к сожалению, метод пока не нашел широкого применения в практической детской пульмонологии, что обусловлено как недостаточным оснащением соответствующими приборами, так и сложностью понимания биофизических основ методики, отсутствием стандартизированных протоколов исследования и подготовленного персонала.

В настоящее время функциональные исследования бронхолегочной системы становится возможным уже с рождения благодаря методам, основанным на спонтанном (спокойном) дыхании, когда классические легочные функциональные тесты (спирометрия с пробами, бодиплетизмография) провести не представляется невозможным. Их взаимное сочетание в ходе динамического наблюдения за эффективностью проводимой терапии и медицинских реабилитационных мероприятий расширяет арсенал диагностических возможностей педиатрической пульмонологии. Ввиду недостаточной распространенности данные методики требуют дальнейшего изучения и стандартизации, что повысит их практическую ценность и улучшит качество диагностики бронхолегочной патологии у детей в целом.

Список литературы / References

1. Frey U., Merkus P. J.F.M. *Pediatric Lung Function. European Respiratory Monograph*, 2010; 324; DOI: 10.1183/1025448x.erm4710
2. Eber E., Midulla F. et al. *ERS Handbook of Pediatric Respiratory Medicine*, 2021; 820; DOI:10.1183/9781849841313.eph01
3. Мизерницкий Ю.Л., Цыленкова С.Э., Мельникова И.М. Современные методы оценки функционального состояния бронхолегочной системы у детей. М.: «Медпрактика-М», 2012; 176. Mizernitsky Yu.L., Tsyplenkova S.E., Melnikova I.M. Modern methods for assessing the functional state of the bronchopulmonary system in children. M.: 'Medpraktika-M', 2012; 176
4. Дьякова С.Э., Мизерницкий Ю.Л. Новые возможности исследования функции внешнего дыхания у детей. Российский вестник перинатологии и педиатрии. 2018; 63(4): 79–83. DOI: 10.21508/1027-4065-2018-63-4-79-834. Dyakova S.E., Mizernitsky Yu.L. New opportunities for studying the function of external respiration in children. Rossijskij vestnik perinatologii i pediatrii. 2018; 63(4): 79–83. DOI: 10.21508/1027-4065-2018-63-4-79-834.
5. Лукина О.Ф. Современные методы исследования функции легких у детей. Лечащий врач, 2003; 3: 32–34. Lukina O.F. Modern methods of studying lung function in children. Lechaschi Vrach Journal, 2003; 3:32–34.
6. Лукина О.Ф. Особенности исследования функции внешнего дыхания у детей и подростков. Практическая пульмонология. 2017; 4: 39–44. Lukina O.F. Features of the study of the function of external respiration in children and adolescents. Practical pulmonology. 2017; 4:39–44.
7. Фурман Е.Г., Кориюкина И.П., Пономарева М.С., Теплых С.В. Оценка вентиляционной функции легких у детей дошкольного возраста. — Пособие для врачей. Пермь. 2008: 29–41. Furman E.G., Koryukina I.P., Ponomareva M.S., Teplykh S.V. Evaluation of the ventilation function of the lungs in preschool children. — A guide for doctors. Permian. 2008: 29–41.
8. Frey U., Stocks J., Coates A. et al. Specifications for equipment used for infant pulmonary function testing. The European Respiratory Society/American Thoracic Society task force on standards for infant respiratory function testing. Eur. Respir. J. 2000; 16: 731–740.
9. Weiner D., Allen J., Panitch H. Infant pulmonary function testing. Current Opinonin Pediatrics. 2003; 15: 316–322
10. Намазова-Баранова Л. С., Турти Т.В., Давыдова И.В. Флюометрия спокойного дыхания у детей первого года жизни (метод. рекомендации). М., ПедиатрЪ, 2012: 32. Namazova-Baranova L. S., Turti T. V., Davydova I. V. Tidal breathing flow-volume in children of the first year of life (methodological recommendations). M., Pediatr, 2012: 32.
11. L. Duijts, E. R. van Meel, L. Moschino et al. European Respiratory Society guideline on long-term management of children with bronchopulmonary dysplasia European Respiratory Journal.2020 (55): 1900788; DOI: 10.1183/13993003.00788-2019
12. Lavizzari A., Zannin E., Ophorst M. et al. Tidal Breathing Measurements in Former Preterm Infants: A Retrospective Longitudinal Study. J Pediatr., 2021; 230: 112–8
13. Геппе Н.А., Селиверстова Н.А., Малышев В.С., Утюшева М.Г., Старостина Л.С., Озерская И.В. Бронхофонографическое исследование легких у больных бронхиальной астмой раннего возраста. Пульмонология; 2008(3): 38–41. Geppe N.A., Seliverstova N.A., Malyshev V.S., Utyusheva M.G., Starostina L.S., Ozerskaya I.V. Bronchophonographic examination of the lungs in patients with early age bronchial asthma. Pulmonology; 2008(3): 38–41.
14. Егорова В.Б. Диагностическое значение компьютерной бронхофонографии при заболеваниях органов дыхания у новорожденных: Дис. ... канд. мед. наук. М. 2006 Egorova V.B. Diagnostic value of computer bronchophonography in respiratory diseases in newborns. Dissertation abstract. M. 2006
15. Павлинова Е.Б., Оксенчук Т.В., Кривцова Л.А. Бронхофонография как метод для прогнозирования исходов респираторного дистресс-синдрома у недоношенных новорожденных. Бюллетень сибирской медицины.2011; 10(4):123–129. Pavlinova E.B., Oksenchuk T.V., Krivtsova L.A. Bronchophonography as a method for predicting the outcomes of respiratory distress syndrome in preterm infants. Bulletin of Siberian medicine.2011; 10(4):123–129
16. Pasterkamp H., Brand Paul L.P., Everard M., Garcia-Marcos L., Melbye H., Piffis K.N. Towards the standardisation of lung sound nomenclature. Eur Respir J. 2016; 47:724–732
17. Лерхендорф Ю.А., Лукина О.Ф., Петренец Т.Н., Делягин В.М. Бронхофонография у детей 2–7 лет при бронхообструктивном синдроме. Практическая медицина, 2017; 2(103): 134–137. Lerhendorf Yu.A., Lukina O.F., Petrenets T.N., Delyagin V.M. Bronchophonography in children aged 2–7 years with broncho-obstructive syndrome. Practical medicine, 2017; 2(103): 134–137
18. Фурман Е.Г., Яковлева Е.В., Малинин С.В. и др. Компьютерный анализ респираторных шумов при бронхиальной астме у детей. Клиническая медицина.2014; 6(1):83–88. Furman E.G., Yakovleva E.V., Malinin S.V. Computer analysis of respiratory noises in children with bronchial asthma. Clinical medicine. 2014;6(1):83–88.
19. Мельникова И.М., Мизерницкий Ю.Л., Павликов А.А. Дифференциально-диагностическое значение бронхофонографии при частых респираторных заболеваниях у детей. Вопросы практической педиатрии.2008; 3(3):11–14. Melnikova I.M., Mizernitsky Yu.L., Pavlikov A.A. Differential diagnostic value of bronchophonography in case of frequent respiratory diseases in children. Questions of practical pediatrics. 2008;3(3):11–14.
20. Геппе Н.А., Малышев В.С. Компьютерная бронхофонография респираторного цикла. М: Медиа Сфера 2016; 108. Geppe N.A., Malyshev V.S. Computer bronchophonography of the respiratory cycle. M: Media Sphere 2016; 108.
21. Малышев В.С., Мельникова И.М., Мизерницкий Ю.Л., Доровская Н.А., Павленко В.А., Павликов А.А., Удальцова Е.В. Опыт использования компьютерной бронхофонографии в педиатрической практике. Медицинский совет. 2019; 2: 188–193. DOI: https://doi.org/10.21518/2079-701X-2019-2-188-193 Malyshev V.S., Melnikova I.M., Mizernitsky Yu.L., Dorovskaya N.L., Pavlenko V.A., Pavlikov A.A., Udaltsova E.V. Experience in the use of computer bronchophonography in pediatric practice. Meditsinskiy sovet. 2019; 2:188–193.
22. Du Bois A.B., Brody W., Lewis D.H., Burgess B.F. Oscillation mechanics of lung and chest in man. J. Appl. Physiol. 1956; 8: 587–594
23. Müller E., Vogel J. Measurement and model-interpretation of new parameters of lung mechanics. Z. Erkr. Atmungsorgane. 1981; 157: 340
24. Smith H.J., Peinhold P., Goldman V.D. Forced oscillation technique

- and impulse oscillometry. *Eur Respir Monogr.* 2005; 10 (31): 72–105
25. Brashier B, Salvi S. Measuring lung function using sound waves: role of the forced oscillation technique and impulse oscillometry system. *Breathe (Sheffield, England)* 2015 Mar.; 11(1): 57–65.
 26. G. G. King, J. Bates, K. I. Berger et al. Technical standards for respiratory oscillometry. *European Respiratory Journal.* 2020, 55(2):1900753; DOI: 10.1183/13993003.00753-2019
 27. Функциональная диагностика. Национальное руководство. Главные редакторы: академик РАН Н. Ф. Берестень, академик РАН В. А. Сандриков, профессор С. И. Федорова, 2019; 10 (6): 609–17. Functional diagnostics. National leadership. Chief editors: Academician of the Russian Academy of Natural Sciences N. F. Beresten, Academician of the Russian Academy of Sciences V. A. Sandrikov, Professor S. I. Fedorova, 2019; 10(6):609–17
 28. Каменева М.Ю., Савушкина О.И., Черняк А.В. Импульсная осциллометрия. В кн.: Легочные функциональные тесты: от теории к практике. Руководство для врачей (под редакцией Савушкиной О.В., Черняк А.В.). М.: ООО «Фирма СТРОМ», 2017: 121–48. Kameneva M. Yu., Savushkina O. I., Chernyak A. V. Impulse oscillometry. In: *Pulmonary Function Tests: From Theory to Practice. A guide for doctors* (edited by Savushkina O. V., Chernyak A. V.). M.: STROM, 2017: 121–48
 29. Song T. W., Kim K. W., Kim E. S., Park J.-W., Sohn M. N., Kim K.-E. Utility of impulse oscillometry in young children with asthma. *Ped Alland Imm.* 2008; 19: 763–768. DOI: 10.1111/j. 1399-3038.2008.00734.
 30. Антонова (Орлова) Е. А. Диагностика нарушений внешнего дыхания у детей младшего возраста (3–7 лет), больных бронхиальной астмой, по данным импульсной осциллометрии. Автореф. дисс... канд. мед. наук. — С.-Пб.; 2004: 25. Antonova (Orlova) E. A. Diagnosis of respiratory disorders in young children (3–7 years old) with bronchial asthma, according to impulse oscillometry data. Dissertation abstract. — S.-Pb.; 2004: 25.
 31. Кирюхина Л. Д., Антонова Е. А., Желенина Л. А. Использование импульсной осциллометрии для оценки функции дыхания при респираторной патологии у детей и взрослых. Методические рекомендации. СПб, 2003: 33. Kiryukhina L. D., Antonova E. A., Zhelenina L. A. The use of impulse oscillometry to assess respiratory function in respiratory pathology in children and adults (methodological recommendations). St.-Pb., 2003: 33
 32. Чёрная Л. Н., Фомина О. В., Иванова И. В. Диагностика ранних нарушений функции внешнего дыхания у детей с бронхиальной астмой по данным импульсной осциллометрии. Пульмонология. 2007; 3: 62–68. Chernaya L. N., Fomina O. V., Ivanova I. V. Diagnosis of early violations of the function of external respiration in children with bronchial asthma according to impulse oscillometry. *Pulmonology.* 2007; 3:62–68.
 33. Лукина О. Ф., Фастовская А. М., Хан М. А. с соавт. Импульсная осциллометрия в оценке нарушений дыхания у детей с хроническими заболеваниями легких. Функциональная диагностика в педиатрии. 2010; 2 (3): 24–28. Lukina O. F., Fastovskaya A. M., Khan M. A. et al. Impulse oscillometry in the assessment of respiratory disorders in children with chronic lung diseases. *Functional diagnostics in pediatrics.* 2010; 2 (3): 24–28.
 34. Ключина Ю. Б., Орлова Е. А., Желенина Л. А., Ивашикина Т. М. Оценка функции внешнего дыхания методом импульсной осциллометрии у детей 8 и 11 лет, находившихся на искусственной вентиляции легких в раннем неонатальном периоде. Функциональная диагностика. 2011; 1: 53–54. Klyukhina Yu. B., Orlova E. A., Zhelenina L. A., Ivashikina T. M. Assessment of the function of external respiration by the method of impulse oscillometry in children 8 and 11 years old who were on artificial lung ventilation in the early neonatal period. *Functional diagnostics.* 2011; 1:53–54.
 35. Запевалова Е. Ю., Бойцова Е. В., Сперанская А. А., Ключина Ю. Б. Клинико-рентгенологические и функциональные последствия бронхолегочной дисплазии у детей дошкольного и младшего школьного возраста в зависимости от массы тела при рождении. Педиатрия. 2021; 100 (5): 8–13. Zapevalova E. Yu., Boytsova E. V., Speranskaya A. A., Klyukhina Yu. B. Clinical, radiological and functional consequences of bronchopulmonary dysplasia in children of preschool and primary school age depending on birth weight. *Pediatrics.* 2021; 100(5): 8–13.
 36. Кудинова Т. В., Лукина О. Ф., Захарова А. Ю. Функция внешнего дыхания у детей со злокачественными лимфомами средостения. Российский журнал детской гематологии и онкологии. 2019; 6 (1): 58. Kudinova T. V., Lukina O. F., Zakharova A. Yu. The function of external respiration in children with malignant mediastinal lymphomas. *Russian Journal of Pediatric Hematology and Oncology.* 2019; 6(1):58.

Сведения об авторах

Дьякова Светлана Эвальдовна, врач функциональной диагностики, пульмонолог, к.м.н.¹, <https://orcid.org/0000-0002-3445-4903>

Орлова Елена Антоновна, врач функциональной диагностики, пульмонолог, к.м.н.², <https://orcid.org/0000-0002-3128-980X>

Ключина Юлия Борисовна, врач функциональной диагностики, пульмонолог, к.м.н.³, <https://orcid.org/0000-0002-2280-8436>

Кудинова Татьяна Владимировна, заведующий отделением функциональной диагностики и визуализации Лечебно-реабилитационного научного центра «Русское поле»⁴, <https://orcid.org/0000-0001-5608-8097>

¹ НИКИ педиатрии и детской хирургии имени академика Ю. Е. Вельтишева ФГАОУ ВО РНИМУ им. Н. И. Пирогова Минздрава России

² СПб ГБУЗ «Детский Городской Многопрофильный Клинический Центр высоких медицинских технологий им. К. А. Раухфуса

³ СПб ГБУЗ «Консультативно-диагностический центр для детей» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации. Санкт-Петербургский Научно-исследовательский институт Фтизиопульмонологии Министерства Здравоохранения Российской Федерации

⁴ ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр детской гематологии, онкологии и иммунологии имени Дмитрия Рогачева» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Лечебно-реабилитационный центр «Русское поле»

About author

Dyakova S. E.¹, <https://orcid.org/0000-0002-3445-4903>

Orlova E. A.², <https://orcid.org/0000-0002-3128-980X>

Klyukhina Y. B.³, <https://orcid.org/0000-0002-2280-8436>

Kudinova T. V.⁴, <https://orcid.org/0000-0001-5608-8097>

¹ Veltischev Research and Clinical Institute for Pediatrics and Pediatric Surgery of the Pirogov Russian National Research Medical University (Research Clinical Institute of Pediatrics)

² SPB GBUZ Children's City Multidisciplinary Clinical Center for High Medical Technologies named after. K. A. Raufhus

³ SPB GBUZ 'Consultative and diagnostic center for children' Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education.

⁴ St. Petersburg State Pediatric Medical University' of the Ministry of Health of the Russian Federation St. Petersburg Research Institute of Phthisiopulmonology of the Ministry of Health of the Russian Federation

⁴ Federal State Budgetary Institution 'National Medical Research Center for Pediatric Hematology, Oncology and Immunology named after Dmitry Rogachev' of the Ministry of Health of the Russian Federation, Treatment and Rehabilitation Center 'Russian Field'

Статья поступила / Received 28.09.2022

Получена после рецензирования / Revised 28.09.2022

Принята в печать / Accepted 30.09.2022

Для цитирования: Дьякова С. Э., Орлова Е. А., Ключина Ю. Б., Кудинова Т. В. Современные методы оценки функционального состояния бронхолегочной системы у детей (Часть 1. Методики, основанные на изучении спокойного (нефорсированного) дыхания у детей). Медицинский алфавит. 2022;(20):52–60. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2022-20-52-60>

For citation: Dyakova S. E., Orlova E. A., Klyukhina Y. B., Kudinova T. V. Modern functional diagnostics methods for the respiratory system in children (Part 1. Methods based on the study of tidal breathing in children). *Medical alphabet.* 2022;(20):52–60. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2022-20-52-60>



Кризис количественной электроэнцефалографии. Кризис ли? Ответ на статью Л. Б. Иванова «Кризис количественной электроэнцефалографии»

М. В. Синкин^{1,2}, Е. П. Богданова³, О. Д. Ельшина^{4,5}

¹ ГБУЗ «НИИ скорой помощи имени Н. В. Склифосовского ДЗМ г. Москвы», Москва

² ФГБУ «Московский государственный медико-стоматологический университет им. А. И. Евдокимова», Москва

³ Клиника «Источники» (ООО «ПолиКлиника»), Челябинск

⁴ ФГБОУ ВО «Приволжский исследовательский медицинский университет» Нижний Новгород

⁵ ООО «Тонус Лайф», Нижний Новгород

РЕЗЮМЕ

Электроэнцефалография (ЭЭГ) по-прежнему остается основным способом оценки функционального состояния головного мозга. В амбулаторной практике наиболее распространен один из её видов — краткосрочная или «рутинная ЭЭГ», под которой понимают регистрацию церебральной активности до 30 минут с проведением функциональных проб. Представленный нами ранее «Опрос российских врачей о проведении рутинной электроэнцефалографии» показал значительную вариабельность методологии выполнения этого исследования и вызвал научную дискуссию. Так, в статье Л. Б. Иванова «Кризис количественной электроэнцефалографии» было высказано критическое мнение о необходимости проведения подобных опросов, выбранных для них референсными параметрами функциональных проб, и недостаточном образовании врачей функциональной диагностики, особенно в сфере использования количественной ЭЭГ для диагностики психической патологии.

В статье приведены новые аргументы относительно целесообразности четкой дефиниции понятий и необходимости разработки официальных методических рекомендации по проведению различных вариантов ЭЭГ в соответствии с клиническими рекомендациями по диагностике и лечению отдельных нозологий.

The crisis of quantitative electroencephalography. Is it a crisis? Response to «Crisis of quantitative electroencephalography» by L. B. Ivanov

M. V. Sinkin^{1,2}, E. P. Bogdanova³, O. D. Elshina^{4,5}

¹ Research Institute of Emergency Medicine named after N. V. Sklifosovsky, Moscow

² A. I. Yevdokimov Moscow State Medical University of Medicine and Dentistry

³ Clinic 'Istochnik' ('Polyclinic' LLC), Chelyabinsk

⁴ Privolzhsky Research Medical University, Department of Neurology, Psychiatry and Addiction Medicine, Nizhny Novgorod.

⁵ 'Tonus Life' LLC, Nizhny Novgorod

SUMMARY

Electroencephalography (EEG) remain the key method to assess the functional state of the brain. In outpatient practice one of the most widespread EEG types is short-term or 'routine EEG', that means the registration of cerebral activity up to 30 minutes with carrying out of activation tests. The previously published 'Survey among Russian doctors on routine electroencephalography' has shown huge variability of methodology of routine EEG and caused a vibrant discussion. Thus, in the letter to editor 'Crisis of quantitative electroencephalography' by L. B. Ivanov, critical opinion was expressed about the requirement of such surveys, about the reference parameters of activation tests, and about insufficient education of functional diagnostic doctors, especially in the sphere of using quantitative EEG for diagnostics of psychiatric pathology.

The manuscript presents new arguments regarding the expediency of a clear definition of the EEG terms and conditions and importance to develop official methodological guidelines for various EEG types in accordance with clinical guidelines.

В 11 ВЫПУСКЕ журнала «Медицинский алфавит» за 2022 год, серия «Современная функциональная диагностика» (2), опубликована дискуссионная статья Льва Борисовича Иванова [1], которая, по сути, является открытой рецензией на наши предыдущие публикации [2, 3]. Благодарим редакцию журнала за представленную возможность поделиться своим ответным мнением.

В первую очередь хотим заверить, что целью представленного нами «Опроса специалистов...» была лишь оценка разнородности практики регистрации ЭЭГ на территории Российской Федерации, и пул вопросов был сформирован исходя из этой потребности. Интересующий и нас, и Льва Борисовича, актуальный вопрос «почему это происходит и что нам делать?» мы сможем задать лишь сейчас, когда результаты опроса опубликованы и стали предметом широкой общественной дискуссии как на конференциях, так и в научной печати. Несмотря на большое количество публикаций и монографий корифеев, полученные нами результаты (по некоторым параметрам расхождение в практике регистрации ЭЭГ превысило 50%), указывают на по-прежнему

высочайшую актуальность стандартизации обучения даже такому хорошо изученному методу диагностики болезней головного мозга. Повторим наше мнение — монополизация образования врачей функциональной диагностики, специализирующихся на нейрофизиологических исследованиях невозможна, успешным может быть лишь сотрудничество диагностов и клинических специалистов. Приведем дословную цитату из нашей публикации: «необходимо расширение образовательных программ для врачей и медицинских сестер, которые следует проводить под эгидой профильных некоммерческих врачебных ассоциаций — Российской ассоциации специалистов по функциональной диагностике (РАСФД), Ассоциации специалистов по клинической нейрофизиологии (АСКЛИН), Российского представительства международной противоэпилептической лиги (ILAE), Российского общества неврологов» [2].

Мы согласны, что термин «рутинная ЭЭГ» не корректен, и из частных бесед с зарубежными коллегами знаем, что это мнение разделяют многие нейрофизиологи в мире. Однако, его применяют для обозначения относительно коротких записей

ЭЭГ на протяжении многих десятилетий, он имеет устойчивый эквивалент в английском и французском языках — «Routine EEG», и, на наш взгляд, пока остается наиболее понятным максимально широкому кругу врачей нашей страны, и соответственно, читателям журнала.

Мы не можем согласиться с мнением об ошибочности понимания метода ЭЭГ исключительно для диагностики эпилепсии и высокой информативности визуального и количественного анализа ЭЭГ для диагностики болезней ментальной сферы. Существуют публикации о том, что пространственное распределение или особенности синхронизации альфа-ритма могут быть связаны с повышенной тревожностью [4], однако ЭЭГ — метод, отражающий функциональное состояние головного мозга в реальном времени, который на практике не отвечает на вопрос, чем обусловлена тревожность пациента — хроническим тревожным расстройством или, например, новой обстановкой и страхом перед процедурой непосредственно в момент записи.

Согласно приказу Министерства Здравоохранения РФ, начиная с 2023 года, диагностика и лечение всех заболеваний будет проходить по клиническим рекомендациям (КР), которые разрабатывают некоммерческие медицинские ассоциации на основе принципов доказательной медицины. Для включения любого инструментального метода в тексте КР должны быть указаны показатели его чувствительности и специфичности и доказательства его информативности в отношении диагностики или прогнозирования течения конкретной нозологической единицы на основании данных, опубликованных в рецензируемых изданиях [5].

Нам не удалось найти баз данных медицинской литературы публикаций с научно обоснованными показателями чувствительности и специфичности визуальной или количественной ЭЭГ для диагностики какого-либо ментального заболевания. Согласно современным представлениям, неэпилептические изменения на ЭЭГ неспецифичны, о чем говорится и в «Национальном руководстве по функциональной диагностике». Это не позволяет широко использовать метод в качестве основного при диагностике большинства неврологических и психических заболеваний [6]. При этом, для диагностики некоторых видов эпилепсии, ЭЭГ обладает высокой чувствительностью и специфичностью [7]. В «Национальном руководстве по неврологии» ЭЭГ названа основным функциональным методом диагностики и дифференциальной диагностики эпилепсии, в то время как в главе «Нарушения когнитивных функций» метод ЭЭГ не упомянут вовсе [8].

Количественная ЭЭГ (кЭЭГ) является одним из наиболее активно развивающихся направлений клинической нейрофизиологии, и, на наш взгляд, говорить о её кризисе неправомерно. Получены данные о её высокой информативности для выявления отсроченной ишемии головного мозга после субарахноидального кровоизлияния или детекции бессудорожных эпилептических приступов медицинскими сестрами отделений реанимаций [9,10]. Видимо, определение границ применения кЭЭГ в диагностике ментальных заболеваний дело ближайшего будущего, однако для начала её клинического использования необходимо количественное вычисление показателей её информативности в отношении определённых болезней.

Возвращаясь к основной мысли статьи Л. Б. Иванова, хотим отметить, что произошедшая на наших глазах цифровизация знаний и переход образовательного процесса в сеть Интернет, очевидно, привела к значительному снижению количества читателей мо-

нографий, особенно изданных десятки лет назад. Не нам судить, плохи или хороши эти изменения, но врачи стали привыкать получать информацию из цифровых копий журнальных статей, роликов на видеосервисах, а кривые ЭЭГ обсуждать в социальных сетях и профессиональных чатах. Именно поэтому, на наш взгляд, представленные статьи будут востребованы многими практикующими врачами, и мы благодарим Льва Борисовича и всех коллег, которые представляют свои критические замечания к нашим работам.

Список литературы / References

1. Иванов Л. Б. Кризис количественной электроэнцефалографии. Критические замечания на две статьи «Опрос российских врачей о проведении рутинной электроэнцефалографии» и «Правила регистрации рутинной ЭЭГ» коллектива авторов в составе Синкина М. В., Богдановой Е. П., Ельшиной О. Д., Троицкого А. А. Медицинский алфавит. 2022; (10): 59–62. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2022-10-59-62>.
Ivanov L. B. The crisis of quantitative electroencephalography. Critical remarks on two articles «Survey of Russian doctors on routine electroencephalography» and «Rules for registration of routine EEG» by a team of authors consisting of Sinkin M. V., Bogdanova E. P., Yelshina O. D., Troitsky A. A. Medical Alphabet. 2022; (10): 59–62. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2022-10-59-62>
2. Богданова Е. П., Ельшина О. Д., Синкин М. В. Опрос российских врачей о проведении рутинной электроэнцефалографии. Медицинский алфавит. 2021;(39):26–32. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2021-39-26-32>
Bogdanova E. P., Elshina O. D., Sinkin M. V. Survey of Russian doctors on routine electroencephalography. Medical Alphabet. 2021;(39):26–32. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2021-39-26-32>
3. Синкин М. В., Богданова Е. П., Ельшина О. Д., Троицкий А. А. Правила регистрации рутинной электроэнцефалограммы. Медицинский алфавит. 2021;(39):34–38. <https://doi.org/10.33667/20785631-2021-39-34-38>
Sinkin M. V., Bogdanova E. P., Elshina O. D., Troitsky A. A. Rules for registration of routine electroencephalogram. Medical Alphabet. 2021;(39):34–38. <https://doi.org/10.33667/20785631-2021-39-34-38>
4. Knyazev GG, Savostyanov AN, Levin EA. Anxiety and synchrony of alpha oscillations. Int J Psychophysiol. 2005 Sep;57(3):175–80. doi: 10.1016/j.ijpsycho.2005.01.004. Epub 2005 Apr 22. PMID: 16109288.
5. Приказ Минздрава России от 28.02.2019 N 103н (ред. от 23.06.2020) «Об утверждении порядка и сроков разработки клинических рекомендаций, их пересмотра, типовой формы клинических рекомендаций и требований к их структуре, составу и научной обоснованности включаемой в клинические рекомендации информации» (Зарегистрировано в Минюсте России 08.05.2019 N 54588)
Order of the Ministry of Health of the Russian Federation of 28.02.2019 N 103n (ed. of 23.06.2020) «On approval of the procedure and timing of the development of clinical recommendations, their revision, the standard form of clinical recommendations and requirements for their structure, composition and scientific validity of the information included in clinical recommendations» (Registered with the Ministry of Justice of the Russian Federation 08.05.2019 N 54588)
6. Функциональная диагностика: национальное руководство / под ред. Н. Ф. Берестень, В. А. Сандрикова, С. И. Федоровой. — Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2019. — Гл. 11.8. — С. 738–742. — (Серия «Национальные руководства»).
Functional diagnostics: national guidelines / edited by N. F. Beresten, V. A. Sandrikova, S. I. Fedorova. — Moscow: GEOTAR-Media, 2019. — Chap. 11.8. — pp.738–742. — (Series «National Guides»).
7. Tatum WO, Rubboli G, Kaplan PW, Mirsattari SM, Radhakrishnan K, Gloss D, Caboclo LO, Drislane FW, Koutroumanidis M, Schomer DL, Kasteleijn-Nolst Trenite D, Cook M, Beniczky S. Clinical utility of EEG in diagnosing and monitoring epilepsy in adults. Clin Neurophysiol. 2018 May; 129(5):1056–1082. doi: 10.1016/j.clinph.2018.01.019. Epub 2018 Feb 1. PMID: 29483017.
8. Неврология: национальное руководство / В. А. Абабков, Г. Н. Авакян, И. А. Авдюнина [и др.]. — 2-е издание, переработанное и дополненное. — Москва: Общество с ограниченной ответственностью Издательская группа «ГЭОТАР-Медиа», 2018. — 880 с. — ISBN 978-5-9704-4143-5. — EDN YPWACF.
Neurology: National guidelines / V. A. Ababkov, G. N. Avakian, I. A. Avdyunina [et al.]. — 2nd edition, revised and supplemented. — Moscow: Limited Liability Company Publishing Group «GEOTAR-Media», 2018. — 880 p. — ISBN 978-5-9704-4143-5. — EDN YPWACF.
9. Rosenthal ES, Biswal S, Zafar SF, et al. Continuous electroencephalography predicts delayed cerebral ischemia after subarachnoid hemorrhage: A prospective study of diagnostic accuracy. Ann Neurol. 2018;83(5):958–969. doi:10.1002/ana.25232
10. Amorim E, Williamson CA, Moura LMVR, et al. Performance of Spectrogram-Based Seizure Identification of Adult EEGs by Critical Care Nurses and Neurophysiologists. In: Journal of Clinical Neurophysiology. Vol 34.; 2017:359–364. doi:10.1097/WNP.0000000000000368

Сведения об авторах

Синкин Михаил Владимирович, к.м.н., с.н.с., рук. группы клинической нейрофизиологии отделения неотложной нейрохирургии, зав. лабораторией инвазивных нейроинтерфейсов. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5026-0060>

Богданова Евгения Павловна, врач функциональной диагностики/ ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8052-2375>

Ельшина Оксана Дмитриевна, ассистент кафедры неврологии, психиатрии и наркологии, невролог, эпилептолог, врач функциональной диагностики. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8280-6814>

¹ ГБУЗ «НИИ скорой помощи имени Н. В. Склифосовского ДЗМ г. Москвы», Москва

² ФГБУ «Московский государственный медико-стоматологический университет им. А. И. Евдокимова», Москва

³ Клиника «Источник» (ООО «ПолиКлиника»), Челябинск

⁴ ФГБОУ ВО «Приволжский исследовательский медицинский университет» Нижний Новгород

⁵ ООО «Тонус Лайф», Нижний Новгород

Автор для переписки: Синкин Михаил Владимирович.
E-mail: mvsinkin@gmail.com

About authors

Sinkin Mikhail V. Senior Researcher, Head of the Group of Clinical Neurophysiology of the Department of Emergency Neurosurgery, Head of laboratory of invasive neurointerfaces. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5026-0060>

Bogdanova Evgeniya P. Doctor of functional diagnostics. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8052-2375>

Elshina Oksana D. Assistant of the Department of Neurology, Psychiatry and Narcology, neurologist, epileptologist, doctor of functional diagnostics. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8280-6814>

¹ Research Institute of Emergency Medicine named after N. V. Sklifosovsky, Moscow

² A. I. Yevdokimov Moscow State Medical University of Medicine and Dentistry

³ Clinic 'Istochnik' ('Polyclinic' LLC), Chelyabinsk

⁴ Privolzhsky Research Medical University, Department of Neurology, Psychiatry and Addiction Medicine, Nizhny Novgorod.

⁵ 'Tonus Life' LLC, Nizhny Novgorod

Corresponding author: Sinkin Mikhail V. E-mail: mvsinkin@gmail.com

Статья поступила / Received 26.07.2022

Получена после рецензирования / Revised 30.08.2022

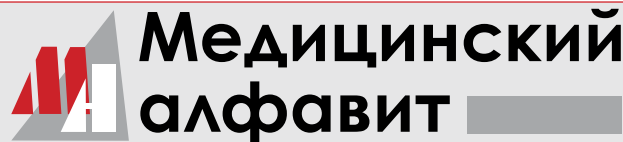
Принята в печать / Accepted 01.09.2022

Для цитирования: Синкин М. В., Богданова Е. П., Ельшина О. Д. Кризис количественной электроэнцефалографии. Кризис ли? Ответ на статью Л. Б. Иванова «Кризис количественной электроэнцефалографии». Медицинский алфавит. 2022;(20):62–65. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2022-20-62-65>

For citation: Sinkin M. V., Bogdanova E. P., Elshina O. D. The crisis of quantitative electroencephalography. Is it a crisis? Response to 'Crisis of quantitative electroencephalography' by L. B. Ivanov. Medical alphabet. 2022;(20):62–65. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2022-20-62-65>



БЛАНК-ЗАКАЗ на подписку на журнал 2022 год



Название организации (или Ф.И.О.) _____

Адрес (с почтовым индексом) _____

Телефон: _____ E-mail: _____ Контактное лицо: _____

«Медицинский алфавит». Серия «Современная функциональная диагностика»

Печатная версия 700 руб. за номер, электронная версия любого журнала — 500 руб. за номер.

Присылайте, пожалуйста, запрос на адрес medalfavit@mail.ru.

ООО «Альфмед»

ИНН 7716213348

Р/с № 40702810738090108773

ПАО «СБЕРБАНК РОССИИ» г. МОСКВА К/с 30101810400000000225 БИК 044525225

Годовая подписка на журнал «Медицинский алфавит». Серия «Современная функциональная диагностика» — 4 выпуска в год 2022. Цена 2800 руб. в год (печатная версия) или 2000 руб. (электронная версия).

Как подписаться

1. Оплатить квитанцию в любом отделении Сбербанка у кассира с получением кассового чека. Журналы высылаются, только если Вы прислали адрес доставки на электронную почту издательства. Отправить скан квитанции с кассовым чеком, выданным кассиром банка, на e-mail: medalfavit_pr@bk.ru или podpiska.ma@mail.ru.
2. Оплата через онлайн-банк издательством принимается только на сайте <https://medalfavit.ru/podpiska-na-zhurnaly/> в разделе «Издательство медицинской литературы».





АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ И УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ДИАГНОСТИКИ

28–29 октября 2022 | Воронеж



28–29 октября 2022 г. в смешанном формате в г. Воронеже пройдет **VI Всероссийская научно-практическая конференция «Актуальные вопросы функциональной и ультразвуковой диагностики»**.

Программа конференции предполагает пленарные и секционные заседания, а также школы и практические мастер-классы. В рамках научной программы будут рассмотрены вопросы функциональной и ультразву-

вковой диагностики в кардиологии, ангиологии, пульмонологии, неврологии, нейрохирургии, хирургии, педиатрии и других клинических специальностях. Запланировано проведение мастер-классов по функциональным методам исследования сосудов, сердца, центральной нервной системы, секция для среднего медицинского персонала.

Место проведения: г. Воронеж, ул. Студенческая 10 (ФГБОУ ВО «Воронежский государственный медицинский университет им. Н. Н. Бурденко» МЗ РФ).

Посещение бесплатно!

<https://fdiagnostic.confreg.org/>



Виктор Васильевич Гнездицкий

С глубоким прискорбием сообщаем, что 07.05.2022 г. на 80-м году жизни скончался профессор Виктор Васильевич Гнездицкий.

В. В. Гнездицкий в течение 26 лет работал в лаборатории клинической нейрофизиологии НИИ нейрохирургии им. Бурденко, где защитил кандидатскую и затем докторскую диссертации. В 1992 г. свою трудовую деятельность

В. В. Гнездицкий продолжил в НИИ неврологии РАМН, где стал профессором и возглавлял лабораторию клинической нейрофизиологии с 1992 по 2015 годы.

Виктор Васильевич был одним из ведущих нейрофизиологов России. Он одним из первых внедрил методику вызванных потенциалов в нашей стране, является основоположником метода многошаговой дипольной локализации для решения обратной задачи ЭЭГ. Под его руководством был достигнут высокий уровень научной и практической работы, введены в практику новейшие технологии исследования функционального состояния нервной системы, разработаны методики и алгоритмы для усовершенствования диагностики когнитивных нарушений, демиелинизирующих заболеваний, пароксизмальных состояний различного генеза, вегетативной дисфункции.

Долгие годы В. В. Гнездицкий являлся членом ученого совета НЦН, членом редколлегии журнала Высшей нервной деятельности и нейрофизиологии и Неврологического журнала, а также председателем секции клинической ЭЭГ при Московском физиологическом обществе им. И. П. Павлова и вице-президентом ассоциации клинических нейрофизиологов России. Сотни специалистов из разных регионов нашей страны прошли обучение и овладели методиками клинической нейрофизиологии благодаря преподавательской деятельности В. В. Гнездицкого в рамках Учебно-методического центра Научного центра неврологии, на кафедре функциональной диагностики РМАПО и медико-биологическом факультете РГМУ.

Итоги научной и практической деятельности отражены более чем в 200 публикациях, 15 монографиях и главах в руководствах, методических пособиях, 4 патентах. Монографии В. В. Гнездицкого, посвященные клиническому применению вызванных потенциалов и энцефалографии, являются настольными книгами для нейрофизиологов.

Виктор Васильевич навсегда останется в нашей памяти как светлый человек, прекрасный профессионал своего дела и мудрый учитель. Он прожил яркую жизнь, всегда имел активную позицию, его отличали глубокая человечность, подлинная интеллигентность, высокий профессионализм, жизнелюбие и оптимизм.

Выражаем искренние соболезнования родным и близким покойного.

Светлая память о Викторе Васильевиче Гнездицком навсегда останется в наших сердцах.

