

ISSN 2078-5631(Print)
ISSN 2949-2807(Online)

Издается с 2002 года. Включен в Перечень ВАК

Серии научно-практических рецензируемых журналов



Медицинский АЛФАВИТ

№ 6/2026



Modern Functional
DIAGNOSTICS

MEDICAL ALPHABET
Russian Professional Medical Journal

Современная
ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ
ДИАГНОСТИКА (1)

РАСФД



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

Научный сайт журнала
www.med-alphabet.com

Медицинский портал издательства
www.medalfavit.ru

Издательство медицинской литературы
ООО «Альфмед»
+7 (495) 616-48-00
medalfavit@mail.ru
Россия, 129515, Москва, а/я 94

Учредитель и главный редактор
издательства
Татьяна Владимировна Синица

Адрес редакции
Москва, ул. Академика Королева, 13, стр. 1,
оф. 720

Главный редактор журнала
Сергей Сергеевич Петриков, д.м.н., проф.,
академик РАН

Руководитель проекта «Современная
функциональная диагностика»
Sfd.ma@list.ru

Руководитель отдела продвижения,
распространения и выставочной
деятельности
Борис Борисович Будович
medalfavit_pr@mail.ru

Журнал включен в Перечень ВАК (ИИО).

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.

К публикации принимаются статьи,
подготовленные в соответствии
с правилами редакции. Редакция не несет
ответственности за содержание рекламных
материалов.

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, теле-, радиовещания
и средств массовых коммуникаций.
Свидетельство о регистрации средства
массовой информации
ПИ № 77-11514 от 04.01.2002.

Подписка: на портале www.medalfavit.ru,
e-mail: podpiska.ma@mail.ru, «Почта России»,
«Урал-Пресс», индекс 014160.

Периодичность: 36 выпусков в год.

Подписано в печать 23.03.2026.

Формат А4. Цена договорная.
© Медицинский алфавит, 2026

Содержание

- 7 **Напряжение сдвига стенки и индекс колебания после каротидной эндартерэктомии в послеоперационном периоде**
В.А. Санориков, Е.Ф. Дутикова, А.В. Гавриленко, Т.Ю. Кулагина, О.А. Жигулина, Ю.Р. Камалов, К.И. Зобов
- 11 **Эволюция подходов к эхокардиографической оценке диастолической функции**
В.В. Степанова, С.Ю. Бартош-Зеленая, В.И. Новиков, Т.В. Найден, Д.С. Сазонова
- 21 **Сравнительный анализ результатов ультразвукового и электрофизиологического исследований при легкой степени невропатии локтевого нерва на уровне локтя**
Ю.В. Фадеева, А.Н. Тимонин, Н.С. Носенко, М.В. Синкин
- 28 **Клинический случай первичной диагностики четырехстворчатого аортального клапана в практике врача функциональной диагностики**
Д.Л. Долинная, А.Р. Тагирова, А.В. Степанов, С.В. Долинный, В.С. Беднова, Е.С. Жаркова, Н.Ф. Берестень, С.Б. Ткаченко
- 33 **Моделирование для выявления пациентов с риском сочетания бронхиальной астмы и хронической обструктивной болезни легких**
А.Ю. Смирнова, В.В. Гноевых, Н.Г. Чернова
- 40 **Оценка положения электрической оси сердца: результаты анкетирования врачей в Российской Федерации. Анализ и обсуждение глазомерного метода оценки**
Д.В. Дроздов, Ю.Э. Терезулов, Д.В. Шутков
- 48 **Нейрофизиологическая школа Российского научно-исследовательского нейрохирургического института имени профессора А.Л. Поленова: первые 100 лет. Часть 1.**
М.В. Александров, И.А. Костенко, О.А. Топоркова

Журнал «Медицинский алфавит» включен в «Белый список», а также 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 (II квартал) по специальностям:

- 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);
- 3.1.12 Анестезиология и реаниматология (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 для цитирования: Остроумова О.Д., Аляутдинова И.А., Остроумова Т.М., Ебзеева Е.Ю., Павлеева 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 Siniitska

Alfmed Publishing

+7 (495) 616-48-00

medalfavit@mail.ru

Box 94, Moscow, 129515, Russia

Editorial Office

Office 720, Bldg. 1, 13
Academician Korolev Str.,
Moscow, Russia

Editor-in-Chief

Sergey Petricov,
RAS academician, Doctor of Medical
Sciences (habil.), Professor

"Modern Functional Diagnostics"

Project Manager

Sfd.ma@list.ru

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 (IIQ).

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.

Only articles prepared in accordance with the Editorial Office's rules are accepted for publication.

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

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: 36 issues per year.

Subscription: podpiska.ma@mail.ru
Free price.

Signed for press: 23th March 2026.
© 2026 Medical Alphabet

Contents

- 7 Wall shear stress and oscillatory shear index after carotid endarterectomy in the postoperative period**
V.A. Sandrikov, A.V. Gavrilenko, E.F. Dutikova, T.Y. Kulagina, O.A. Zhigulina, Y.R. Kamalov, K.I. Zobov
- 11 Evolution of approaches to echocardiographic assessment of diastolic function**
V.V. Stepanova, S.Yu. Bartosh-Zelenaya, V.I. Novikov, T.V. Nayden, D.S. Sazonova
- 21 Comparative analysis of ultrasound and electrophysiological studies in mild ulnar neuropathy at the elbow**
Y.V. Fadeeva, A.N. Timonin, N.S. Nosenko, M.V. Sinkin
- 28 A clinical case of primary diagnosis of the quadricuspid aortic valve in the practice of a functional diagnostic physician**
D.L. Dolinnaya, A.R. Tagirova, A.V. Stepanov, S.V. Dolinnyi, V.S. Bednova, E.S. Zharkova, N.F. Beresten, S.B. Tkachenko
- 33 Modeling to identify patients with risk of bronchial asthma and chronic obstructive pulmonary disease overlap**
A.Yu. Smirnova, V.V. Gnoevykh, N.G. Chernova
- 40 Heart electrical axis assessment: results of a survey of physicians in the Russian Federation. Analysis and discussion of the visual axis assessment method**
D.V. Drozdov, Yu.E. Teregulov, D.V. Shutov
- 48 The Neurophysiological School of the Polenov Russian Research Neurosurgical Institute: The First 100 Years. Part 1**
M.V. Aleksandrov, I.A. Kostenko, O.A. Toporkova

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 (II q) in the following specialties:

- 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);
3.1.12 Anesthesiology and resuscitation (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 optimal cerebroprotection strategy for 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., академик РАН, директор ГБУЗ «НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского ДЗМ» (Москва)

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 ФБОУ 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)

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., заведующий 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)

Орлова Светлана Владимировна («Диетология и нутрициология»), д.м.н., проф., зав. кафедрой диетологии и клинической нутрициологии ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов им. Патриса Лумумбы» (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)

Филатова Елена Глебовна («Неврология и психиатрия»), д.м.н., проф., кафедра нервных болезней ИПО ФГАОУ ВО «Первый МГМУ им. И. М. Сеченова» (Сеченовский университет) Минздрава России (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., в.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. (г. Санкт-Петербург)

Editor-in-Chief

Petrikov S.S.

Doctor of Medical Sciences (habil.), professor, RAS academician director of Research Institute of Emergency Care n.a. N.V. Sklifosovsky (Moscow, Russia)

Editorial Board

Akimkin V.G. (*Epidemiology and Hygiene*), MD, professor, RASci acad., Central Research Institute of Epidemiology (Moscow, Russia)

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

Babaeva A.R. (*Rheumatology*), MD, professor, Volgograd State Medical University (Volgograd, Russia)

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Orlova S.V. (*Dietetics and Nutrition*), DM Sci (habil.), professor, head of Dept of Dietetics and Clinical Nutritiology, Chief Researcher, Peoples' Friendship University of Russia n. a. Patrice Lumumba (Moscow, Russia)

Ostroumova O.D., MD, 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)

Filatova E. G., (Neurology and Psychiatry), DM Sci (habil.), prof. at I. M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), Moscow, Russia

Scherbo S.N. (*Modern Laboratory*), MD, 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)

Drozdo 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)

Shnayder N.A., MD, DMSci, professor (St. Petersburg)

Напряжение сдвига стенки и индекс колебания после каротидной эндартерэктомии в послеоперационном периоде

В.А. Сандриков, Е.Ф. Дутикова, А.В. Гавриленко, Т.Ю. Кулагина, О.А. Жигулина, Ю.Р. Камалов, К.И. Зобов
ГНЦ РФ ФГБНУ «Российский научный центр хирургии им. академика Б.В. Петровского», Москва, Россия

РЕЗЮМЕ

Цель. Оценить изменения напряжения сдвига стенки внутренней сонной артерии (ВСА) после каротидной эндартерэктомии (КЭАЭ) в отдаленном послеоперационном периоде. **Материал и методы исследования.** С патологией ВСА до операции обследовано 26 пациентов ($65 \pm 2,9$ года), в среднем степень стеноза составляла $80,4 \pm 3,3\%$ ($64-95\%$). По эхогенности распределение бляшек было следующим: преимущественно гипэхогенные – 12, гиперэхогенные – 10, изоэхогенные – 4. После операции каротидной эндартерэктомии (КЭАЭ) в госпитальном периоде удовлетворительная эхолокация позволила провести исследование у 19 пациентов ($61,6 \pm 2,7$ года). В отдаленном периоде через 6–14 месяцев обследовано 12 пациентов ($63,1 \pm 2,0$ года). Исследование проводилось на ультразвуковом сканере Mindray Resona 7 (Китай), линейным датчиком (2,5–9 МГц) в режиме V-flow. Оценивали систолическую скорость кровотока (Vs), напряжение сдвига стенки (WSS), турбулентность кровотока по векторному анализу до и после стеноза. Изменение направления вектора WSS в течение сердечного цикла описывали с помощью индекса колебания (Oscillatory Shear Index, OSI). Был рассчитан внутригрупповой коэффициент корреляции при измерении напряжения и сдвига стенки. **Результаты.** До операции для стеноза ВСА характерно изменение WSS в различных участках артерии и повышенная турбулентность кровотока. Адекватность операции КЭАЭ оценивали по динамике изменения скорости кровотока и отношению напряжения сдвига стенки к проксимальному и дистальному руслу. В отдаленном послеоперационном периоде направление и скорости векторов потока приближаются к нормальным значениям, что служит одним из оценочных гемодинамических показателей адекватности хирургической коррекции стеноза ВСА. **Заключение.** Критериями адекватной коррекции считали нормализацию внутрисосудистых потоков крови, напряжения сдвига стенки и индекса колебания, снижения турбулентности кровотока. Регистрация напряжения сдвига стенки с помощью V-flow у пациентов с цереброваскулярными заболеваниями представляет собой новое направление для оценки результатов хирургического лечения.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: скорость кровотока, напряжение сдвига стенки, индекс колебания.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Wall shear stress and oscillatory shear index after carotid endarterectomy in the postoperative period

V.A. Sandrikov, A.V. Gavrilenko, E.F. Dutikova, T.Y. Kulagina, O.A. Zhigulina, Y.R. Kamalov, K.I. Zbov

Federal State Budgetary Scientific Institution Petrovsky National Research Centre of Surgery (FSBSI Petrovsky NRCS NCC 1)
Moscow, Russia

SUMMARY

Objective. To evaluate changes in the shear stress of the internal carotid artery (ICA) wall after carotid endarterectomy (CEAE) in the remote postoperative period. **Material and methods of the study.** 26 patients (65 ± 2.9 years old) with ICA pathology were examined before surgery, with an average degree of stenosis of $80.4 \pm 3.3\%$ ($64-95\%$). According to echogenicity, the distribution of plaques was as follows: predominantly hypoechoic – 12, hyperechoic – 10, and isoechoic – 4. After carotid endarterectomy (CEAE) in the hospital period, satisfactory echolocation allowed for the examination of 19 patients (61.6 ± 2.7 years). In the long-term period, 12 patients (63.1 ± 2.0 years) were examined 6–14 months later. The study was conducted using a Mindray Resona 7 ultrasound scanner (China) and a linear sensor (2.5–9 MHz) in V-flow mode. Systolic blood flow velocity (Vs), wall shear stress (WSS), and blood flow turbulence were assessed using vector analysis before and after stenosis. The change in the direction of the WSS vector during the cardiac cycle was described using the Oscillatory Shear Index (OSI). The intra-group correlation coefficient was calculated for the measurement of wall stress and shear. **Results.** Before surgery, ICA stenosis is characterized by changes in WSS in different parts of the artery and increased blood flow turbulence. The adequacy of the CEAE operation was assessed based on the dynamics of changes in blood flow velocity and the ratio of wall shear stress to the proximal and distal vessels. In the long-term postoperative period, the direction and velocity of the flow vectors approach normal values, which serves as one of the hemodynamic indicators of the adequacy of surgical correction of ICA stenosis. **Conclusion.** The criteria for adequate correction were the normalization of intravascular blood flow, wall shear stress, and oscillation index, as well as the reduction of blood flow turbulence. The registration of wall shear stress using V-flow in patients with cerebrovascular diseases represents a new approach for evaluating the results of surgical treatment.

KEYWORDS: blood flow rate, wall shear stress, oscillation shear index.

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

Введение

Методика оценки напряжения сдвига стенки и индекса колебания в настоящее время востребована в диагностике для определения степени тяжести поражения и разработки стратегии лечения стеноза внутренней сонной

артерии (ВСА) [1]. Характеристики атеросклеротической бляшки (АСБ), такие как локализация, степень выраженности, протяженность, кальцификация и ее неоднородность, напрямую влияют на характер нарушения кровотока в артерии и ее дистальном русле, создавая трудности

количественной оценки гемодинамической значимости поражения и уязвимости АСБ с помощью ультразвуковых методов. Некоторые исследования опирались на теорию низкого напряжения сдвига стенки при разработке диагностики и лечения сердечно-сосудистых заболеваний [2, 3]. Теории слабого/колебательного сдвига сосудистой стенки обсуждаются в литературе [4, 7].

Для улучшения нашего понимания необходим анализ показателей кровотока и оценка применения метода векторной визуализации кровотока (V-flow) для измерения напряжения сдвига в сонных артериях у пациентов после операции.

Материал и методы исследования

С патологией ВСА до операции обследовано 26 пациентов ($65 \pm 2,9$ года), в среднем степень стеноза составляла $80,4 \pm 3,3$ % ($64-95$ %). По экзогенности распределение бляшек было следующим: преимущественно гипохолерогенные – 12, гиперэхогенные – 10, изоэхогенные – 4. После операции каротидной эндартерэктомии (КЭАЭ) в госпитальном периоде удовлетворительная эхолокация позволила провести исследование у 19 пациентов ($61,6 \pm 2,7$ года). В отдаленном периоде через 6–14 месяцев обследовано 12 пациентов ($63,1 \pm 2,0$ года). В раннем послеоперационном периоде ни у кого из пациентов не наблюдали нарушения мозгового кровообращения. Настоящее исследование было одобрено Комитетом по этике «РНЦХ имени академика Б.В. Петровского».

Ультразвуковые исследования ВСА проводили на ультразвуковой диагностической системе премиум класса Mindray Resona 7 (Shenzhen Mindray Bio-Medical Electronics Co, Ltd, Шэньчжэнь, Китай), оснащенной линейным датчиком L14-3WU (2,5–9 МГц) с обновленным программным обеспечением в режиме V-flow. В состоянии покоя у всех исследуемых измеряли артериальное давление. При ультразвуковом исследовании до операции и в отдаленном послеоперационном периоде в режи-

ме цветового доплеровского картирования (ЦДК) ВСА определяли просвет артерии, систолическую скорость кровотока (V_s) до и после стеноза, напряжение сдвига стенки (WSS). WSS анализировали во ВСА до и после стеноза в паскалях (Па, Pa) и индекс колебания (Oscillatory Shear Index, OSI) автоматически в специализированном программном модуле прибора, а также рассчитывали направление и турбулентность кровотока. Синхронно записывали электрокардиограмму. Измерения проводились в бифуркации общей сонной артерии (ОСА), в устье ВСА и дистальнее стенотического поражения, что позволило рассчитать локальные скорости потока и измерить напряжение сдвига стенки. Все исследования выполнялись двумя экспертами независимо друг от друга. Результаты были сопоставимы.

Статистический анализ

Для сравнения средних значений максимального WSS, среднего WSS, OSI во внутренней сонной артерии со средними значениями этих параметров использовался t-критерий Стьюдента. Сравнение средних значений максимального и среднего WSS, OSI проводилось до и после операции. Все статистические анализы выполнены с использованием Statistica 12 и JMP-5 (США). Значение $P < 0,05$ считалось статистически достоверным. Результаты представлены на графиках, рисунках и таблицах.

Результаты исследования

Тактика лечения пациентов со стенозирующим поражением ВСА зависит от ряда критериев: уязвимости атеросклеротической бляшки, ее объема и степени стеноза. Кроме того, существует связь между низкими и колебательными напряжениями сдвига в стенке и прогрессированием атеросклеротической бляшки [1, 2]. Хирургическая коррекция стеноза сонных артерий является профилактикой инсульта и объективно улучшает прогноз (табл. 1).

Таблица 1
Клинические и ультразвуковые характеристики у пациентов со стенозом внутренней сонной артерии до и после операции

Параметры	До операции 1	Ранний п/о период 2	Отдаленный п/о период 3	P_{1-2}	P_{1-3}	P_{2-3}
Возраст, лет	$65 \pm 2,9$	$61,6 \pm 2,7$	$63,1 \pm 2$	нет	нет	нет
САД, мм рт. ст.	133 ± 11	139 ± 14	133 ± 19	нет	нет	нет
ЧСС, сокр./мин.	68 ± 4	73 ± 5	76 ± 7	$> 0,4$	$> 0,5$	$> 0,9$
Диаметр ВСА на уровне стеноза, мм	$8,2 \pm 1,1$	$7,1 \pm 2$	$6,1 \pm 1,7$	$< 0,05$	$< 0,05$	$< 0,05$
Толщина стенки, мм	$1,5 \pm 0,1$	$1,2 \pm 0,1$	$1,35 \pm 0,4$	$< 0,05$	$> 0,05$	$< 0,05$
V_{s1} до стеноза, см/с	55 ± 12	43 ± 10	41 ± 7	$< 0,04$	$< 0,05$	$> 0,06$
V_{s2} после стеноза, см/с	$74 \pm 4,3$	59 ± 5	87 ± 6	$< 0,02$	$< 0,05$	$< 0,02$
ΔV_s , см/с	$19 \pm 4,1$	16 ± 2	46 ± 8	$< 0,05$	$< 0,002$	$< 0,001$
WSS max до стеноза, Па	$3 \pm 0,5$	$2,7 \pm 0,8$	$3,9 \pm 0,4$	$> 0,05$	$< 0,05$	$< 0,05$
WSS max, на уровне стеноза, Па	$3,2 \pm 0,8$	$2,4 \pm 0,3$	$4,1 \pm 1$	$< 0,05$	$< 0,04$	$< 0,03$
WSS mean, до стеноза, Па	$0,55 \pm 0,1$	$0,61 \pm 0,3$	$0,7 \pm 0,2$	$> 0,05$	$< 0,05$	$< 0,05$
WSS mean, после стеноза, Па	$0,76 \pm 0,4$	$0,64 \pm 0,7$	$0,48 \pm 0,5$	$< 0,05$	$< 0,002$	$< 0,003$
OSI ₁ до стеноза, отн. ед.	$0,12 \pm 0,09$	$0,13 \pm 0,07$	$0,01 \pm 0,01$	$> 0,3$	$< 0,001$	$< 0,001$
OSI ₂ после стеноза, отн. ед.	$0,19 \pm 0,08$	$0,18 \pm 0,05$	$0,04 \pm 0,02$	$> 0,6$	$< 0,001$	$< 0,002$
Турбулентность кровотока до стеноза, %	$10,4 \pm 2$	$7,4 \pm 0,9$	$5,4 \pm 0,9$	$< 0,03$	$< 0,002$	$< 0,01$
Турбулентность кровотока после стеноза, %	$42,3 \pm 3,1$	$21,0 \pm 4,0$	$12,0 \pm 3,3$	$< 0,002$	$< 0,004$	$< 0,02$

Примечание: САД – систолическое артериальное давление; ЧСС – частота сердечных сокращений; ВСА – внутренняя сонная артерия; V_{s1} – систолическая скорость кровотока до стеноза; V_{s2} – систолическая скорость кровотока после стеноза; ΔV_s – градиент систолической скорости кровотока до и после стеноза; WSSmax – максимальное напряжение сдвига стенки; WSSmean – среднее напряжение сдвига стенки; OSI – индекс колебания.

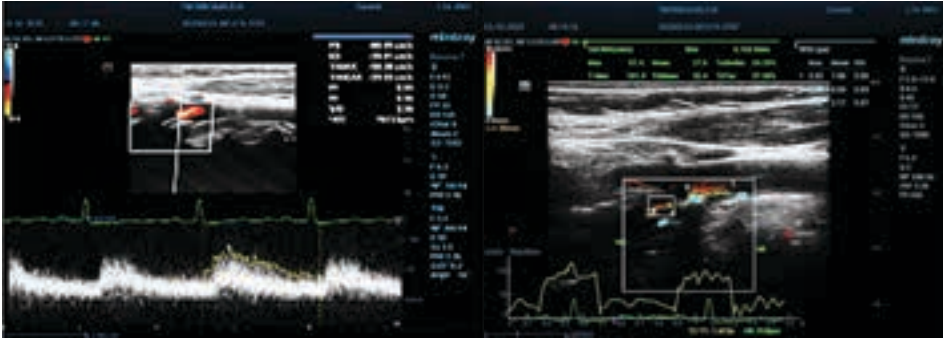
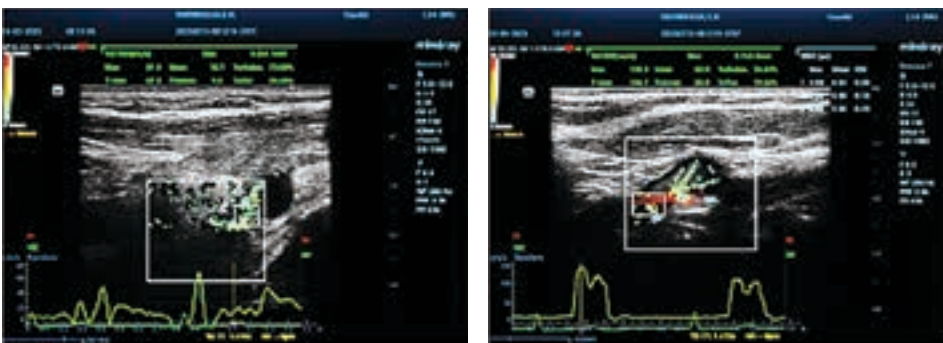


Рисунок 1. Векторная визуализация кровотока с высокой частотой кадров при стенозе внутренней сонной артерии на дооперационном этапе. В области стеноза цвет векторов красный, что характерно для турбулентного кровотока. В зонах 1–3 автоматически выполняется расчет напряжения сдвига стенки (WSS)



а

б

Рисунок 2. Векторная визуализация кровотока после операции каротидной эндартерэктомии в госпитальном (а) и отдаленном (б) периоде. Вектора зеленого и синего цвета характеризуют физиологическую турбулентность или ламинарный кровоток

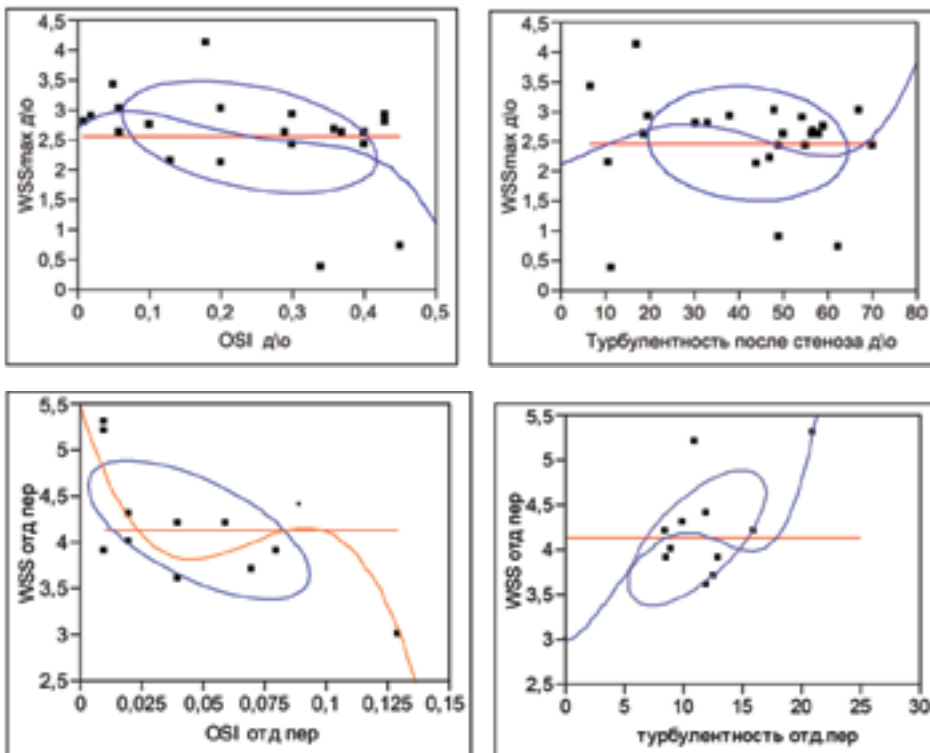


Рисунок 3. Взаимосвязи напряжения сдвига стенки, индекса колебания и турбулентности кровотока во внутренней сонной артерии до операции (1) и в отдаленном послеоперационном периоде (2)

Для оценки результатов хирургического лечения исследовали векторы сдвига стенки ВСА в трех зонах у пациентов со стенозом и удовлетворительной визуализацией просвета сосуда в области стеноза. Рассчитывали напряжение стенки и скорости векторов потока и индекса напряжения после операции в отдаленном периоде (рис. 1). Такие измерения являются простым и надежным диагностическим способом по оценке результатов операции, в том числе и в отдаленном периоде [5, 6].

Как поперечное, так продольное направление сдвига стенки показали достаточно высокую информативность в оценке результатов хирургического лечения. Напряжение сдвига стенки в отдаленном периоде возрастает (20–30%) практически до нормальных значений, а турбулентность кровотока снижается практически в 2 раза до стеноза и в 3 раза после стеноза (табл. 1, рис. 2).

При векторном анализе отмечено, как цветные вектора характеризуют характер кровотока в артерии (см. рис. 2б). Полученные результаты по напряжению сдвига сосудистой стенки становятся показателями для оценки результатов операции с выявлением участков с наиболее проблемными уровнями сосудистого русла (рис. 3).

В динамике после эндартерэктомии из ВСА отмечена достоверная разница напряжения стенки артерии, индекса колебания и турбулентности кровотока. Так, напряжение стенки после операции увеличивается практически на 30%, индекс колебания и турбулентность кровотока снижаются в 4 раза. Такая динамика характеризует адекватность восстановления кровотока по ВСА.

Обсуждение полученных результатов

Настоящее исследование было направлено на оценку результатов КЭАЭ по напряжению сдвига стенки после операции, включая отдаленный период. Новая доплеровская технология, основанная на векторном отображении потока (Vector Flow Imaging) позволяет анализировать сложные высокоскоростные потоки, представленные в виде векторов различного направления (кодировка цветом) и длины [11]. Исследования кровотока – метод оценки и поиск взаимосвязи между динамикой кровотока, напряжением сдвига стенки и прогрессированием АСБ в послеоперационном динамическом наблюдении. Развитие технологий приводят к внедрению в клиническую практику современных методов визуализации и постобработки изображений с получением цифрового детального профиля кровотока, включая зоны повышенной турбулентности. Неравномерность кровотока в измененном атеросклеротическом процессе сосуде приводит к изменениям сдвиговой деформации стенки, возникновению турбулентности, рассеивания [8] и индекса колебания [9, 10, 12]. Разумеется, у обследованных пациентов мы наблюдали АСБ, которые различались по своей структуре, представляли высокий риск развития клинической симптоматики. Картина гемодинамики, а также структурные и функциональные свойства стенок сосудов могут быть различными в каждом конкретном случае. Так, нами было отмечено, что преимущественно гипозоногенные АСБ вызывают более выраженную турбулентность кровотока с пониженным напряжением сдвига стенки. При этом скорости кровотока при кальцинированной АСБ отличались, что свидетельствовало о различных уязвимых областях в каждой из них.

Изменения WSS, OSI и турбулентность кровотока достаточно объективно отражают низкие и высокие колебания, что согласуется с характеристиками и распространенностью атеросклеротического поражения до и после операции.

Заключение

Напряжение сдвига – это характеристика силы, которая связана с кровотоком, что отражает как интенсивность, так и направление кровотока, и состояние артериальной стенки. Индекс колебания (OSI) количественно определяет изменение направления вектора WSS во время сердечного цикла. Снижение турбулентности кровотока и осцилляторного сдвига указывает на благоприятный прогноз после операции. Повышенные значения OSI связаны с нарушением кровотока, что характерно для атеросклероза.

Список литературы / References

1. Yiemeng Hoi, Bruce A Wasserman, Yuanyuan J Xie, et al. // Characterization of volumetric flow rate waveforms at the carotid bifurcations of older adults. *Physiological Measurement*, 31(3):291–302, March 2010. ISSN 0967-3334, 1361-6579. doi: 10.1088/0967-3334/31/3/002.
2. Qiu YJ, Cheng J, Zhang Q, Yang DH, Zuo D, Mao F, Liu LX, Dong Y, Cao SQ, Wang WP, Qiu YJ, et al. // Clinical Application of High-Frame-Rate Vector Flow Imaging in Evaluation of Carotid Atherosclerotic Stenosis. *Diagnostics (Basel)*. 2023. 31 January; 13(3):519. doi: 10.3390/diagnostics13030519. PMID: 36766624.
3. Meiyang Gao Haining Zheng Rui Zhao Rui Zhao. Wall shear stress and oscillatory shear index measured using ultrasound vector flow imaging in the femoro popliteal artery of adults without peripheral artery disease // *Vascular Surgery Volume 12* – 2025. <https://doi.org/10.3389/fsurg.2025.1597407>.
4. Veronique Peiffer, Spencer J. Sherwin, and Peter D. Weinberg. // Does low and oscillatory wall shear stress correlate spatially with early atherosclerosis? A systematic review. *Cardiovascular Research*, 2013.99(2):242–250. ISSN 1755-3245, 0008-6363. doi:10.1093/cvr/cvt044. URL: <https://academic.oup.com/cardiiovascres/article-lookup/doi/10.1093/cvr/cvt044>.
5. Lenard Z, Fulop D, Visonai Z, Jekkel G, Reneman R, Kollai M. // Static versus dynamic distensibility of the carotid artery in humans. *J.Vasc.Res.*2000;37(2):103–111.
6. Ayla Hoogendoorn, Annette M. Kok, Eline M. J. Hartman, et al. // Multidirectional wall shear stress promotes advanced coronary plaque development: comparing five shear stress metrics. *Cardiovascular Research*, 116(6):1136–1146, May 2020. ISSN 1755-3245. doi:10.1093/cvr/cvz212.
7. Reneman, R.S., T.Arts, and A.P.G. Hoeks. Wall shear stress – an important determinant of endothelial cell function and structure – in the arterial system in vivo: discrepancies with theory. *J. Vasc. Res.* 43(3):251–269, 2006. <https://doi.org/10.1159/000091648>.
8. Wong, E. Y., H. N. Nikolov, R.N. Rankin, D. W. Holdsworth, and T. L. Poepping. Evaluation of distal turbulence intensity for the detection of both plaque ulceration and stenosis grade in the carotid bifurcation using clinical Doppler ultrasound. <https://doi.org/10.1007/s00330-012-2741-1>.
9. Chen J, Zhang L, Gu S, Jia C, Wu R. Quantitative evaluation using carotid ultrasonography-based high-frame-rate vector flow imaging in patients with low carotid stenosis. *Br J Radiol*. 2024 Aug 1;97(1160):1476–1482. doi: 10.1093/bjrt/tae115. PMID: 38885374.
10. David E, Martinelli O, Pacini P, Di Serafino M, Huang P, Dolcetti V et al. New Technologies in the Assessment of Carotid Stenosis: Beyond the Color-Doppler Ultrasound-High Frame Rate Vector-Flow and 3D Arterial Analysis Ultrasound. *Diagnostics (Basel)*. 2023 Apr 19;13(8):1478. doi: 10.3390/diagnostics13081478. PMID: 37189578.
11. Zhang X, Ding H, Ji X, Chen L, Huang P, et al. Predicting vulnerable carotid plaques by detecting wall shear stress based on ultrasonic vector flow imaging. *Vasc Surg*. 2024 Nov;80(5):1475–1486.e1. doi: 10.1016/j.jvs.2024.06.024. Epub 2024 Jun 24. PMID: 38925348.
12. Zhou M, Yu Y, Chen R, Liu X, Hu Y, Ma Z, et al. Wall shear stress and its role in atherosclerosis. *Front Cardiovasc Med*. (2023) 10:1083547. doi: 10.3389/fcvm.2023.1083547.

Статья поступила / Received 3.03.2026

Получена после рецензирования / Revised 10.03.2026

Принята в печать / Accepted 10.03.2026

Информация об авторах

Сандриков Валерий Александрович – д.м.н., проф., академик РАН, руководитель отдела клинической физиологии, инструментальной и лучевой диагностики НКЦ № 1
E-mail: sandrikov@med.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1535-5982>

Гавриленко Александр Васильевич – д.м.н., проф., академик РАН, заведующий отделением хирургии сосудов научно-клинического центра № 1
E-mail: a.v.gavrilenko@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7267-7369>

Дутикова Елена Федоровна – к.м.н., ведущий научный сотрудник, лаборатории электрофизиологии и нагрузочных тестов отдела клинической физиологии, инструментальной и лучевой диагностики НКЦ № 1
E-mail: dutikova@inbox.ru. <https://orcid.org/0000-0002-4840-0607>

Кулагина Татьяна Юрьевна – д.м.н., зав. лаб. электрофизиологии и нагрузочных тестов отдела клинической физиологии, инструментальной и лучевой диагностики НКЦ № 1
E-mail: takula@list.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6165-6474>

Жигулина Ольга Андреевна – младший научный сотрудник, врач функциональной диагностики лаборатории электрофизиологии и нагрузочных тестов отдела клинической физиологии, инструментальной и лучевой диагностики НКЦ № 1
E-mail: ol.bulkina2016@yandex.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8118-2552>

Камалов Юлий Рафаэлевич – д.м.н., зав. лаб. ультразвуковой диагностики отдела клинической физиологии, инструментальной и лучевой диагностики НКЦ № 1
E-mail: kamalov53@yandex.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6202-8506>

Зобов Кирил Игоревич – младший научный сотрудник отделения хирургии сосудов НКЦ № 1
E-mail: kirill-zobov@mail.ru. ORCID: <https://0000-0002-9594976>

ГНЦ РФ ФГБНУ «Российский научный центр хирургии им. академика Б.В. Петровского», Москва, Россия

Контактная информация:

Кулагина Татьяна Юрьевна. E-mail: takula@list.ru

Для цитирования: Сандриков В.А., Дутикова Е.Ф., Гавриленко А.В., Кулагина Т.Ю., Жигулина О.А., Камалов Ю.Р., Зобов К.И. Напряжение сдвига стенки и индекс колебания после каротидной эндартерэктомии в послеоперационном периоде. *Медицинский алфавит*. 2026;(6):7–10. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2026-6-7-10>

Author information

Sandrikov Valery Alexandrovich – MD, Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Head of Clinical Physiology Department and Clinical Center No.1
E-mail: sandrikov@med.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1535-5982>

Gavrilenko Alexander Vasilyevich – Academician of the Russian Academy of Sciences, MD, Professor, Head of the Department of Vascular Surgery of the Scientific and Clinical Center No. 1
E-mail: a.v.gavrilenko@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7267-7369>

Dutikova Elena Fedorovna – PHD, Leading Researcher of Laboratory of Electrophysiology and Stress Tests of the Department of Clinical Physiology, Instrumental and Radiation Diagnostics of the Scientific and Clinical Center No. 1
E-mail: dutikova@inbox.ru. <https://orcid.org/0000-0002-4840-0607>

Kulagina Tatiana Yurievna – MD, Head of the Laboratory of Electrophysiology and Stress Tests of the Department of Clinical Physiology, Instrumental and Radiation Diagnostics of the Scientific and Clinical Center No. 1
E-mail: takula@list.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6165-6474>

Zhigulina Olga Andreevna – junior research assistant, doctor of functional diagnostics of the Laboratory of Electrophysiology and Stress Tests of the Department of Clinical Physiology, Instrumental and Radiation Diagnostics of the Scientific and Clinical Center No.1
E-mail: ol.bulkina2016@yandex.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8118-2552>

Kamalov Yuliy Rafaelevich – MD, Head of the Ultrasound Laboratory of the Department of Clinical Physiology, Instrumental and Radiation Diagnostics of the Scientific and Clinical Center No. 1
E-mail: kamalov53@yandex.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6202-8506>

Zobov Kiril Igorevich – Junior Researcher at the Department of Vascular Surgery of the Clinical Center No. 1
E-mail: kirill-zobov@mail.ru. ORCID: <https://0000-0002-9594976>

Federal State Budgetary Scientific Institution Petrovsky National Research Centre of Surgery (FSBSI Petrovsky NRCS NCC 1) Moscow, Russia

Contact information

Kulagina Tatiana Yurievna. E-mail: takula@list.ru

For citation: Sandrikov V.A., Gavrilenko A.V., Dutikova E.F., Kulagina T.Y., Zhigulina O.A., Kamalov Y.R., Zobov K.I. Wall shear stress and oscillatory shear index after carotid endarterectomy in the postoperative period. *Medical alphabet*. 2026;(6):7–10. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2026-6-7-10>



Эволюция подходов к эхокардиографической оценке диастолической функции

В.В. Степанова^{1,2}, С.Ю. Бартош-Зеленая¹, В.И. Новиков¹, Т.В. Найден¹, Д.С. Сазонова³

¹ ФГБОУ ВО «Северо-Западный университет им. И.И. Мечникова, Санкт-Петербург, Россия

² СПб ГБУЗ Городская больница № 40 Курортного района, Санкт-Петербург, Россия

³ Городская клиническая больница № 31, Санкт-Петербург, Россия

РЕЗЮМЕ

Эхокардиографическая (ЭхоКГ) оценка диастолической функции (ДФ) левого желудочка (ЛЖ) в клинической практике остается сложной задачей. Применение предложенного актуальными рекомендациями алгоритма (ASE/EACVI, 2016), предполагающего оценку трансмитрального потока, тканевых доплеровских скоростей движения миокарда, индекса максимального объема левого предсердия (ИоЛП) и скорости струи трикуспидальной регургитации (ТР), приводит к тому, что наличие и тяжесть диастолической дисфункции (ДДФ) ЛЖ остаются неопределенными у значительной части пациентов. Индекс объема левого предсердия безусловно является маркером длительности существования и тяжести ДДФ ЛЖ, однако он не может служить единственным параметром для диагностики ранних фаз диастолической дисфункции ЛЖ, до формирования ремоделирования левого предсердия (ЛП). Определение функции ЛП является важной частью при оценке ДФ ЛЖ и сердечной недостаточности с сохраненной фракцией выброса (СНсФВ). Поскольку основной функцией ЛП является модуляция наполнения ЛЖ, логично, что на самых ранних стадиях ДДФ ЛЖ, сначала появляются именно функциональные изменения ЛП. Исследование функции ЛП может быть полезным не только для диагностики ДДФ ЛЖ, но и для оценки степени ее тяжести, а также и для мониторинга эффективности лечения. В настоящей статье рассматривается эволюция подходов к оценке ДФ ЛЖ, а также обосновывается ключевая роль показателей ЛП в оценке ДДФ ЛЖ.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: сердечная недостаточность с сохраненной фракцией выброса, левое предсердие, диастолическая дисфункция левого желудочка, фазовая функция, спекл-трекинг-эхокардиография, индекс объема левого предсердия, стрейн резервуара, стрейн кондукта, стрейн сокращения.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Evolution of approaches to echocardiographic assessment of diastolic function

V.V. Stepanova^{1,2}, S.Yu. Bartosh-Zelenaya¹, V.I. Novikov¹, T.V. Nayden¹, D.S. Sazonova³

¹ City Hospital No. 40, St. Petersburg, Russia

² North-Western State Medical University, Ministry of Health of the Russian Federation, St. Petersburg, Russia

³ St. Petersburg City Clinical Hospital No. 31, St. Petersburg, Russia

SUMMARY

Echocardiographic (EchoCG) assessment of LV DF remains a complex difficult task. The application of the algorithm proposed by current guidelines (ASE/EACVI, 2016), which involves the assessment of transmitral flow, tissue Doppler myocardial velocities, LA maximum volume index, LAVI, and tricuspid regurgitation (TR) velocity, leads to the fact that the presence and severity of LV diastolic dysfunction (DDF) remain uncertain in a significant proportion of patients. The maximum LAVI index is certainly a marker of the duration and severity of LV DDF, but it cannot serve as the only parameter for diagnosing early phases of LV DDF, before the formation of LA remodeling. Left atrial (LA) function assessment is an important part of the left ventricular (LV) diastolic dysfunction (DF) the assessment and heart failure with preserved ejection fraction. Since the main function of the LA is to modulate LV filling, it is logical that at the earliest stages of LV DDF, LA functional changes first appear. LA function testing may be useful not only for diagnosing LV DDF, but also for assessing its severity and monitoring treatment effectiveness. In this review the evolution of approaches to assessing LV DF, as well as the key role of LA parameters in assessing LV DDF are considered.

KEYWORDS: heart failure with preserved ejection fraction, left atrium, left ventricular diastolic dysfunction, phasic function, speckle-tracking echocardiography, left atrial volume index, strain during reservoir, conduit, contraction phase.

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

Введение

Определение и механизмы диастолической дисфункции

Диастолическая функция сердца заключается в способности желудочков увеличиваться в большей или меньшей степени под влиянием определенного давления наполнения, что напрямую связано с растяжимостью желудочков (с точки зрения гемодинамики – показатель $\Delta V/\Delta P$, определяемый только инвазивным способом).

Под термином «релаксация» понимают процесс активного удлинения мышечных волокон после завершения их сокращения вследствие изменения направления трансмембранного тока ионов, результатом которого является увеличение полости желудочка в фазу быстрого наполнения и всасывание крови в его полость.

Помимо растяжимости к пассивным диастолическим свойствам, определяющим жесткость стенок желудочков, относятся толщина стенки, содержание фиброзных

волокон, индивидуальные физические характеристики миокарда и пр. От данных свойств зависит большее или меньшее поступление крови в желудочек во время систолы предсердий [1].

Клиническое значение диастолической дисфункции (ДДФ) относительно меньше, чем систолической, а оценка диастолической функции выполняется не всегда. Однако, диастолическая функция (ДФ), которая состоит в способности желудочков наполняться кровью, является важной составляющей для полноценной работы сердца, поскольку желудочек, набравший мало крови, не сможет выбросить ее много. Результатом может быть развитие сердечной недостаточности с сохраненной ФВ (СНсФВ). Поэтому диастолическую функцию обязательно следует оценивать у пациентов с сердечной недостаточностью или с подозрением на СН.

Согласно определению, ASE/EACVI (2016) и BSE (2022) под термином «диастолическая дисфункция» подразумевают ситуацию, когда достаточное поступление крови в желудочек для получения адекватного ударного объема в покое или во время нагрузки требует аномального повышения диастолического давления наполнения.

К основным механизмам ДДФ традиционно относят:

- нарушение релаксации миокарда из-за недостаточного удаления сарколеммального Ca^{2+} ,
- снижение эластичности и увеличение жесткости левого желудочка (ЛЖ) вследствие его ремоделирования,
- снижение способности ЛЖ к расслаблению.

Два фундаментальных параметра ДФ ЛЖ (константа времени релаксации и константа жесткости камеры) определяются инвазивным способом (катетерная манометрия, кондуктометрия).

Термин «давление наполнения левого желудочка» часто используется, но может относиться к нескольким различным показателям диастолического давления в ЛЖ и левом предсердии (ЛП). К ним относятся среднее давление заклинивания в легочных капиллярах (ДЗЛК), среднее давление в левом предсердии (ДЛП), давление пре-А в ЛЖ, среднее диастолическое давление в ЛЖ и конечно-диастолическое давление в ЛЖ (КДД ЛЖ). На ранних стадиях диастолической дисфункции КДД ЛЖ является единственным аномально повышенным показателем, в то время как среднее ДЗЛК и ДЛП остаются в пределах нормы. При тахикардии и/или увеличении постнагрузки или внутрисосудистого объема среднее ДЗЛК и ДЛП увеличиваются, что положено в основу диастолического стресс-тестирования (инвазивного и неинвазивного). Некоторые доплеровские показатели коррелируют с увеличением КДД ЛЖ (скорость пика А трансмитрального потока, скорость A_g в легочных венах, разность продолжительности пиков А и A_g , деформация ЛП в фазу сокращения), в то время как другие отражают увеличение среднего ДЛП (скорость пика Е трансмитрального потока, соотношения Е/А, Е/е').

В ответ на нарушение диастолической функции обычно наблюдается компенсаторное повышение давления наполнения ЛЖ как механизм поддержания ударного объема в соответствии с законом Франка – Старлинга.

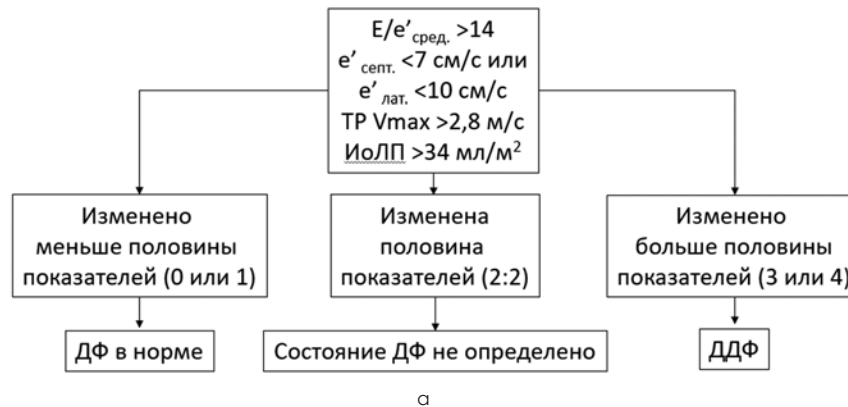
Эхокардиографические параметры диастолической дисфункции левого желудочка

Определение диастолической функции является неотъемлемой частью эхокардиографического (ЭхоКГ) исследования, особенно у пациентов с симптомами сердечной недостаточности. Для стандартизации оценки диастолической функции рабочая группа Американского общества эхокардиографии (American Society of Echocardiography, ASE) / Европейской ассоциации сердечно-сосудистой визуализации (European Association of Cardiovascular Imaging, EACVI) опубликовали рекомендации в 2009 и 2016 годах [2]. В рекомендациях 2009 года было перечислено 9 параметров ДФ ЛЖ в 3 алгоритмах (Е/е', индекс объема левого предсердия, ИоЛП, разность продолжительности волны А трансмитрального потока и ретроградной предсердной волны A_g в легочной вене, соотношение пиков Е/А, в том числе при пробе Вальсальвы, время замедления кровотока Tdec, систолическое давление в легочной артерии, отношение времени изоволюметрического расслабления IVRT к TE-e', соотношение систолического и диастолического пиков S/D в легочных венах). В руководстве 2016 года был представлен более упрощенный подход с использованием 2-х отдельных алгоритмов и рекомендовано 4 основных параметра для первоначальной оценки: ранняя диастолическая скорость движения митрального кольца (e'), соотношение между ранней диастолической скоростью трансмитрального потока (Е) и e' (Е/е'), индекс объема левого предсердия (ИоЛП) и максимальная скорость струи трикуспидальной регургитации ($V_{max_{TP}}$).

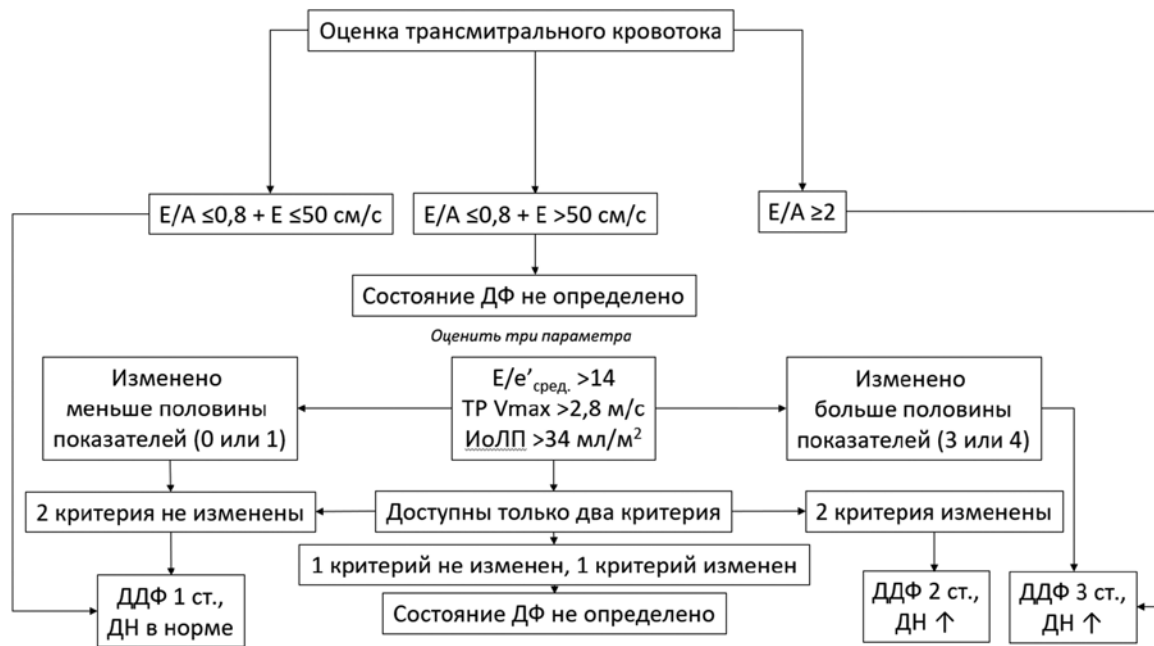
Первый алгоритм рекомендован к применению у пациентов с сохраненной фракцией выброса (ФВ) левого желудочка ($\geq 50\%$) и без структурных изменений сердца с неизвестной диастолической функцией, в первую очередь, для разделения нормальной и нарушенной диастолической функции, чтобы не пропустить диастолическую СН.

Второй алгоритм предложен для пациентов со сниженной ФВ ЛЖ ($< 50\%$) либо для лиц со структурным заболеванием сердца (в том числе с нормальной ФВ). У этой группы пациентов следует считать, что нарушение диастолической функции присутствует в любом случае, и следует оценить степень ее нарушения. Ведущим разграничением в данном случае является давление наполнения, которое остается нормальным при легкой диастолической дисфункции и значительно повышается при тяжелой ДДФ (рис. 1).

У отдельных пациентов, направленных на катетеризацию сердца, оценка давления наполнения в соответствии с рекомендациями 2016 года оказалась надежной, а межисследовательская вариабельность была превосходной [3]. Однако его чувствительность для выявления ДДФ (особенно 1-й степени) заметно снизилась. Так, Almeida et al. (2018) показали, что частота ДДФ на 1000 человек (средний возраст 62 года) составила 1,4% по критериям рекомендаций 2016 года по сравнению с 38,1% по параметрам, рекомендованным в 2009 году.



а



б

Рисунок 1. Алгоритмы оценки диастолической функции левого желудочка, согласно рекомендациям ASE/EACVI (2016): а – для пациентов с нормальной фракцией выброса, б – для пациентов со сниженной фракцией выброса. E – ранняя диастолическая скорость трансмитрального потока, A – поздняя диастолическая скорость трансмитрального потока, e' – ранняя диастолическая скорость движения митрального кольца, TR Vmax – максимальная скорость струи трикуспидальной регургитации, IoЛП – индекс объема левого предсердия, ДФ – диастолическая функция, ДДФ – диастолическая дисфункция, ДН – давление наполнения

Согласно рекомендациям 2016 года, решение о наличии ДДФ следует принимать, основываясь не только на данных визуализации, но и на клинических данных. Однако лица с предрасполагающими к ДДФ факторами (артериальная гипертензия, сахарный диабет, ишемическая болезнь сердца и др.) могут иметь нормальную диастолическую функцию, особенно в молодом возрасте.

Ряд авторов отмечают следующие нюансы обновленных в 2016 году рекомендаций. В алгоритме для пациентов с сохраненной фракцией выброса ЛЖ критерии нормальной диастолической функции могут быть отнесены как к истинно нормальной ДФ, так и к пациентам с замедленной релаксацией миокарда и нормальным давлением наполнения, ранее классифицированных как дисфункция 1 степени. Дело в том, что эксперты ASE/EACVI, основываясь на данных исследования NORRE, приняли

диастолический паттерн с замедленной релаксацией ЛЖ в старшей возрастной группе за нормальный, при условии отсутствия фонового заболевания, предрасполагающего к ДДФ (рис. 2) [4].

У многочисленной подгруппы пациентов с СНсФВ диастолическое давление наполнения увеличивалось только при нагрузке (рис. 3). У этих пациентов единственным отклонением от нормы в состоянии покоя может быть снижение скорости e' с паттерном 1 степени ДДФ, но может быть классифицировано как нормальная ДФ. Более того, молодые пациенты с ранней стадией кардиомиопатии могут быть классифицированы в группу нормальной ДФ при наличии явной дисфункции 1 степени [5]. Проведение диастолического стресс-теста обосновано при одышке и легкой ДДФ, когда присутствует замедление релаксации, а давление наполнения в норме. В данной ситуации

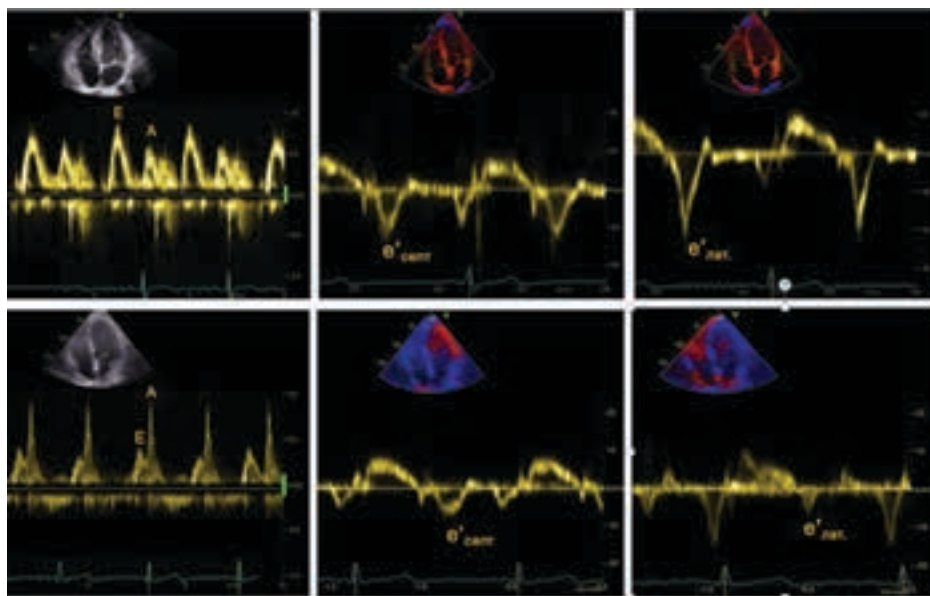


Рисунок 2. Два варианта спектра трансмитрального кровотока, движения митрального кольца при нормальной диастолической функции, согласно рекомендациям ASE/EACVI (2016). Вверху: эхограммы здорового 28-летнего пациента с соотношением E/A 1,3; e' сред. 16 см/с и E/e' сред. 5,6. Внизу: эхограммы 65-летней бессимптомной пациентки с соотношением E/A 0,45 и нарушенной релаксацией e' сред. 6 см/с и E/e' сред. 7,5

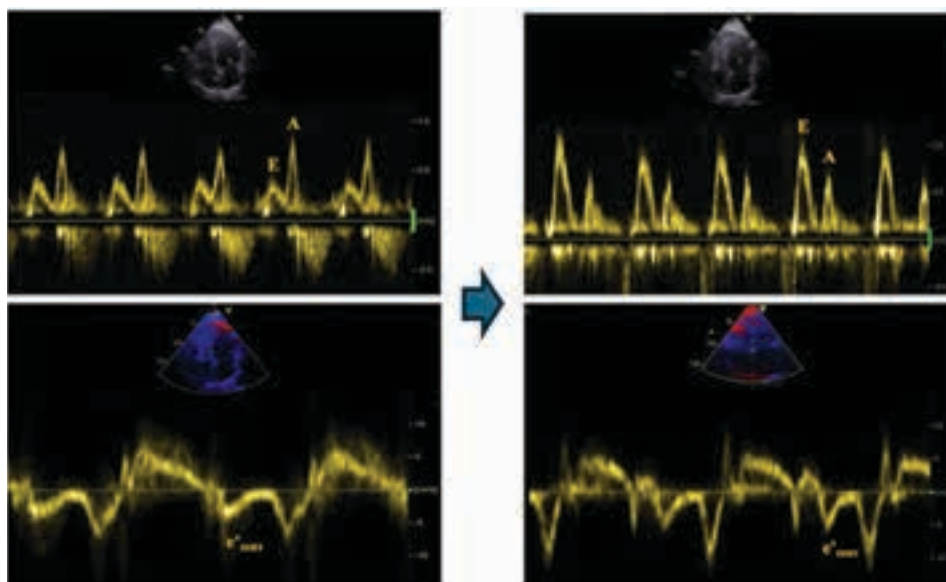


Рисунок 3. Спектры трансмитрального кровотока и движения митрального кольца в покое (слева) и при нагрузке (справа). Соотношение E/e' увеличилось с 9,4 до 17 с минимальным увеличением скорости e', что указывает на выраженное повышение давления наполнения при нагрузке

давление наполнения может повыситься на фоне нагрузки. По данным ASE (2025), диагностировать ДДФ по результатам стресс-теста можно при изменении всех перечисленных ниже параметров:

- $E/e'_{\text{сред.}} > 14$ (или $E/e'_{\text{септ.}} > 15$);
- $V_{\text{TPmax}} > 320$ см/с.

Напротив, диастолическую функцию следует считать нормальной, если при нагрузке $V_{\text{TPmax}} < 280$ см/с и $E/e'_{\text{сред.}}$ (или $E/e'_{\text{септ.}}$) < 10 .

Кроме того, наличие у пациента трех из 4 параметров (увеличение E/e', ИоЛП и TP Vmax) в 1-м алгоритме клас-

сифицируется как ДДФ, тогда как данная ситуация ассоциируется также и с повышенным давлением наполнения ЛЖ.

В литературе также приводятся примеры ложноположительной диагностики ДДФ в некоторых группах пациентов. В рекомендациях 2016 года риск гипердиагностики ДДФ отмечен лишь для молодых лиц с соотношением E/A > 2 . В таких случаях предложено основываться на значениях скорости e' [3]. Oh J.K. et al. (2019) полагают, что более надежно и стандартизировано определять основной компонент ДДФ как сниженную или нарушенную релаксацию

миокарда, используя скорость e' митрального кольца в качестве скринингового показателя у большинства пациентов без перечисленных ниже исключений [5].

В обоих алгоритмах предложено использовать среднее значение скорости e' медиальной и латеральной частей митрального кольца, поскольку они могут значительно различаться в определенных ситуациях, таких как, к примеру, блокада левой ножки пучка Гиса, нарушения локальной сократимости или значительная дисфункция правого желудочка (как при первичной легочной гипертензии). Однако, в большинстве других клинических ситуаций нет доказательств того, что усреднение скоростей e' обеспечивает более надежную оценку диастолической функции. Измерение септальной скорости e' более корректно в связи с почти параллельной ориентацией ультразвукового луча и также рекомендуется для измерения при фибрилляции предсердий или констриктивном перикардите. Более того, в исследовании TOPCAT (2014) было обнаружено, что именно увеличение соотношения $E/e'_{\text{септ.}}$ связано с неблагоприятным исходом, тогда как $E/e'_{\text{лат.}}$ в исследовании I-Preserve (2015) не различались у госпитализированных и не госпитализированных пациентов с СНсФВ [6, 7].

С учетом сказанного выше, Oh J.K. et al. (2019) предложили объединить два алгоритма, содержащихся в рекомендациях 2016 г. со следующими изменениями (рис. 4) [5]:

1. Первоначальная оценка, основанная на 4 параметрах ($e'_{\text{септ.}}$, E/e' , ИоЛП и TP Vmax), направлена на определение диастолического давления наполнения, а не на разграничение нормальной или нарушенной диастолической функции. Если 3 или более параметров в норме, давление наполнения следует считать нормальным, если же 3 или более параметров отклонены от нормы, давление наполнения повышено.

2. После оценки давления наполнения градация ДДФ основана на соотношении E/A . Нормальная ДФ или 1 степень диастолической дисфункции устанавливается при нормальном давлении наполнения при $E/A > 0,8$ и $\leq 0,8$, соответственно, а степень 2 или 3 ДДФ – при повышенном давлении наполнения и $E/A < 2$ и ≥ 2 , соответственно.

3. Если диастолическая функция не определена на основании 4-х указанных в п. 1 параметров, следует использовать дополнительные параметры, включая скорость потока в легочных венах, время изоволюметрического расслабления, проведение пробы Вальсальвы или оценку деформации миокарда ЛП.

4. Одной из основных причин неопределенной оценки ДФ является несоответствие между ее параметрами. Наиболее противоречивой является оценка ИоЛП, который может быть увеличен у здоровых лиц с высоким ударным объемом, например, у спортсменов. Было показано, что при нормализации давления в левом предсердии значения E/e' и деформация левого предсердия также нормализуются, тогда как ИоЛП остается повышенным [6]. Singh A. с соавт. (2017) установили, что систолическая деформация ЛП постепенно снижается по мере ухудшения диастолической функции [7]. Thomas L. et al. (2019) предложили оптимизировать оценку диастолической функции, исключив ИоЛП или используя вместо него деформацию левого предсердия [8]. Представленный алгоритм не может быть применим у пациентов с кальцификацией митрального кольца, блокадой левой ножки пучка Гиса, нарушениями локальной сократимости или выраженной первичной легочной гипертензией. Данный алгоритм предназначен для большинства пациентов без заболеваний, влияющих на скорость движе-



Рисунок 4. Унифицированный алгоритм оценки диастолической функции и давления наполнения (Oh J.K. с соавт., 2019). E – ранняя диастолическая скорость трансмитрального потока, A – поздняя диастолическая скорость трансмитрального потока, e' – ранняя диастолическая скорость движения митрального кольца, TP Vmax – максимальная скорость струи трикуспидальной регургитации, ИоЛП – индекс объема левого предсердия, ДФ – диастолическая функция, ДДФ – диастолическая дисфункция, ДН – давление наполнения, ЛВ – легочные вены, IVRT – время изоволюметрического расслабления, LAS – деформация левого предсердия

ния митрального кольца, не обусловленных непосредственно дисфункцией ЛЖ. Для последних оценка диастолической функции и давления наполнения должна основываться на соотношении E/A, времени изоволюметрического расслабления, скорости TP, спектре кровотока легочных венах, деформации левого предсердия и результатах пробы Вальсальвы [2, 7]. Приведенный алгоритм также может быть использован у пациентов с фибрилляцией предсердий для оценки давления наполнения, но не для градации ДДФ, с другим пороговым значением E/e', равным 11.

Эксперты Американского общества эхокардиографии (American Society of Echocardiography, 2025) подчеркнули, что ЭхоКГ-оценка ДФ не должна основываться на каком-то одном параметре и предложили пошаговый подход к оценке давления наполнения и нарушения релаксации ЛЖ:

1. Оценка параметров релаксации ЛЖ по значению e' (нарушение релаксации констатируется при $e'_{\text{септ.}} \leq 6$ см/с или $e'_{\text{лат.}} \leq 7$ см/с или $e'_{\text{сред.}} \leq 6,5$ см/с)
2. Оценка параметров ремоделирования ЛП и ЛЖ и повышения ДЛП (повышенное ДЛП отмечают при $E/e'_{\text{сред.}} > 14$, $LASr \leq 18\%$, $E/A \leq 0,8$ или ≥ 2 , $ИоЛП > 34$ мл/м²).
3. Вывод о наличии ДДФ при:
 - а. Снижении e' и наличии 1 и более изменений из п. 2
 - б. Отсутствие снижения e' и наличии 2 и более изменений из п. 2.

Фазовый анализ функции левого предсердия

Остановимся подробнее на оценке функции ЛП, фигурирующей на 2-м этапе алгоритма, предложенного ASE (2025). Возможности speckle-tracking эхокардиографии (STE) позволяют не только оценивать движения желудочков, но также измерять параметры деформации предсердий [10, 11]. Однако есть ряд особенностей иссле-

дования предсердий методом STE по сравнению с оценкой желудочков, которые связаны с различиями в строении этих камер сердца. Для предсердий характерна меньшая толщина миокарда, отсутствие строгой ориентации пучков, контур эндокарда нечеткий и прерывистый, межпредсердная перегородка неоднородная [11]. По этой причине рекомендуется оценивать деформацию предсердий только в продольном направлении без анализа по сегментам.

Таким образом, основным параметром деформации ЛП является глобальная продольная деформация [10]. Ее значение изменяется в тесной связи с механической функцией ЛП. Фаза накопления, также называемая фазой резервуара (англ. reservoir phase), начинается в конце диастолы желудочков с закрытия митрального клапана и продолжается до его открытия. В эту фазу наблюдается удлинение предсердия в продольном направлении с увеличением показателя его деформации – стрейна резервуара (англ. left atrial strain during reservoir phase, LASr). Затем наступает фаза кондукта (англ. conduit phase), длящаяся от момента открытия митрального клапана до начала сокращения ЛП при синусовом ритме. Во время фазы кондукта происходит укорочение ЛП со снижением деформации – стрейна кондукта (англ. left atrial strain during conduit phase, LAScd). Последующую фазу называют фазой сокращения (англ. contraction phase), она начинается с начала сокращения ЛП до начала диастолы желудочков и также характеризуется укорочением предсердия и снижением соответствующего параметра деформации – стрейна сокращения (англ. left atrial strain during contraction phase, LASct). На кривой деформации ЛП эти фазы отображаются в виде 3 пиков, при этом числовое выражение показателя LASr является положительным, тогда как параметры LAScd и LASct отрицательные (рис. 5) [9]. В большинстве случаев определяют пиковую глобальную продольную деформацию ЛП, соответствующую деформации в фазу резервуара [10, 11].

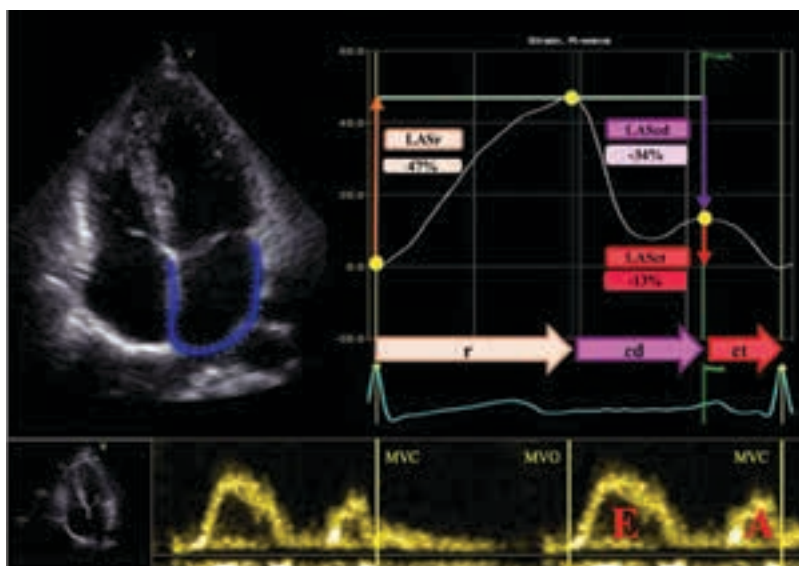


Рисунок 5. Оценка деформации левого предсердия с нулевым стрейном в конце диастолы (рекомендовано). В обоих случаях требуются три точки оценки (желтые точки) для вычисления деформации во время трех фаз цикла левого предсердия: r – фаза резервуара; cd – фаза кондукта; ct – фаза сокращения. MVO – открытие митрального клапана; MVC – закрытие митрального клапана; E, A – E- и A-волны митрального притока, LASr – стрейн левого предсердия в фазу резервуара, LAScd – стрейн левого предсердия в фазу кондукта, LASct – стрейн левого предсердия в фазу сокращения

Еще одним параметром, характеризующим функциональное состояние и структуру ЛП, является его жесткость. Жесткость ЛП определяется как отношение E/e' к продольному стрейну ЛП в фазу резервуара [12].

Для широкого использования STE левого предсердия в клинической практике и в научных исследованиях была признана необходимость стандартизации параметров деформации ЛП, в связи с чем проведены исследования с определением параметров деформации ЛП у здоровых лиц.

По данным мета-анализа F. Pathan и соавт. (2017), включившего 40 исследований и 2542 испытуемых, референсные диапазоны средних значений показателей деформации ЛП у здоровых лиц составили: стрейн резервуара, LASr – 39,4% (95% ДИ 38,0 – 40,8%), стрейн сокращения, LASct – 17,4% (95% ДИ 16,0 – 19,0%), стрейн кондуита, LAScd – 23,0% (95% ДИ 20,7 – 25,2%). Показано влияние частоты сердечных сокращений (ЧСС) и площади поверхности тела на гетерогенность полученных результатов [13].

По данным исследования A.B. Nielsen et al. (2021), в котором приняли участие 1641 здоровый доброволец, диапазон средних значений показателей деформации ЛП у здоровых лиц следующие: LASr – 39,4% (23,0–67,6%), LASct – 15,5% (6,4–28,0%), LAScd – 23,7% (8,8–44,8%) [14].

Авторами этой статьи также были рассчитаны средние значения деформации ЛП в 2D и 4D режимах у здоровых лиц молодого возраста (18-44 лет, ВОЗ) в группе численностью 25 человек (табл. 1, рис. 6).

Таблица 1

Показатели деформации левого предсердия в 2D- и 4D-режимах

Показатели	Контрольная группа M±SD
LASr 4D,%	37,6±5,8
LAScd 4D,%	-21,7±6,03
LASct 4D,%	-15,9±4,04
LASr 2D,%	44,7±4,5
LAScd 2D,%	-30,2±5,2
LASct 2D,%	-13,8±2,2

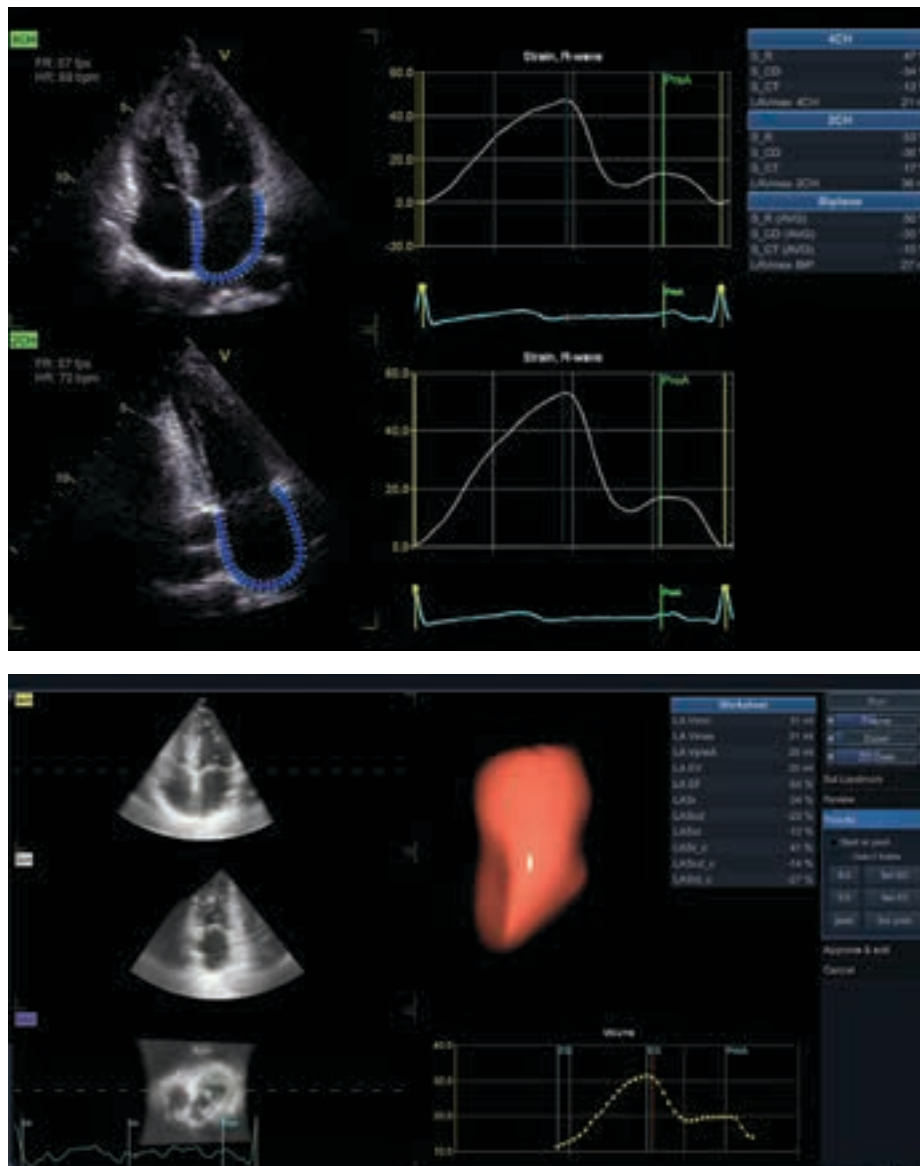


Рисунок 6. Определение деформации левого предсердия у здоровых лиц. S_R – стрейн резервуара, S_{CD} – стрейн кондуита, S_{CT} – стрейн сокращения: вверху – в 2D-режиме, внизу – в 3D-режиме

Оценка диастолической функции левого желудочка с использованием показателей деформации левого предсердия

Анализ глобальной продольной деформации ЛП, в частности, определение пиковой глобальной продольной деформации ЛП, может дать ценную диагностическую информацию для оценки изменений диастолической функции ЛЖ [15, 16].

Так, в исследовании A. Brecht et al. (2016) было показано, что в ходе прогрессирования диастолической дисфункции ЛЖ специфическим образом изменяются все показатели деформации ЛП, т.е. деформация в фазу резервуара, в фазу кондуита и в фазу сокращения. Однако параметры, оцененные в фазе резервуара и кондуита, были более чувствительными для диагностики начальных стадий диастолической дисфункции ЛЖ, чем индекс объема ЛП, тогда как деформация в фазу кондуита была связана со всеми степенями нарушения диастолической функции [15].

Khan U.A. et al. (2013) продемонстрировали значимость деформации ЛП как маркера диастолической дисфункции ЛЖ 1 и 2 степени. Тот факт, что этот параметр является относительно независимым от объема левого предсердия, позволил заключить, что снижение деформации ЛП может свидетельствовать об уменьшении податливости предсердия [17]. Более того, D.A. Morris с соавт. (2018) в исследовании с участием 517 пациентов, у которых были выявлены факторы риска диастолической дисфункции ЛЖ, обнаружили большую чувствительность деформации ЛП, чем индекса объема ЛП, рекомендованного ASE/EACVI в 2016 году как один из четырех критериев для диагностики ДДФ ЛЖ. Данный параметр деформации имеет чувствительность 73% и специфичность 76%, что почти вдвое превосходит рекомендованный параметр [18].

Lundberg A. et al. (2019) показали, что глобальная продольная деформация ЛП может служить единственным критерием нарушения диастолической функции у пациентов со сниженной или сохранной ФВ ЛЖ, при этом продемонстрировать большую диагностическую точность [19].

Алехин М.Н. et al. (2020) также продемонстрировали, что снижение показателей продольной деформации ЛП может указывать на дебют сердечной недостаточности с сохранной фракцией выброса ЛЖ [11].

Machino-Ohtsuka T. et al. (2011) оценивали жесткость ЛП с помощью 2D STE как показатель структурного ремоделирования и нарушения функции ЛП у 155 пациентов с фибрилляцией предсердий (123–79% мужчин, средний возраст 61 ± 9 лет). Авторы показали, что расчетный индекс жесткости ЛП был связан с диастолической дисфункцией ЛЖ, дилатацией ЛП и синтезом коллагена. Кроме того, было обнаружено, что этот показатель является независимым предиктором рецидива фибрилляции предсердий после радиочастотной абляции (ОР 2,88; 95% ДИ 1,75–4,73, $p < 0,001$) [12].

В рекомендациях EACVI 2022 года уже присутствует оценка LASr с пограничным значением -18% для применения в ситуациях, когда доступны к определению только 2 из 3-х параметров ДФ, при этом изменен только один из них [20].

Согласно данным Британского общества эхокардиографии (British Society of Echocardiography, BSE, 2024), кроме известных параметров ($E/e' > 14$, $V_{TRmax} > 2,8$ м/с, $IoLP > 34$ мл/м²), для улучшения алгоритма оценки ДФ также отмечен ключевой параметр – деформация ЛП. Деформацию в фазу резервуара (LASr) и в фазу сокращения (LASct) с пороговым значением $< 18\%$ и $< 8\%$, можно рассматривать для оценки ДФ, что предполагает ее нарушение с повышением давления наполнения [20].

Трехмерная эхокардиография в оценке функции левого предсердия

3D-режим более точный в измерении объемов, но пока мало применяется для ЛП в повседневной клинической практике. Из верхушечного доступа, с помощью трехмерной модели ЛП можно получить такие показатели, как LA Vmin (минимальный объем предсердия), LA Vmax (максимальный объем предсердия), LA VpreA (объем в начале сокращения предсердия), а также показатели деформации ЛП.

Измерение объема ЛП в 3D-режиме хорошо коррелирует с данными КТ и МРТ. На основании объемов можно определить резервуарную функцию или фракцию опорожнения ($LAEF = 100 \times (Vmax - Vmin)/Vmax$; $> 51\%$); сократительную (фракцию активного опорожнения, $100 \times (VpreA - Vmin)/VpreA$; $> 27\%$) и кондуктивную (фракцию пассивного опорожнения, $100 \times (Vmax - VpreA)/Vmax$; $> 21\%$) функцию ЛП [21]. Нормативы функции ЛП уточняются.

Алгоритм оценки диастолической функции ЛЖ с учетом параметров деформации ЛП приведен на рис. 7.

Эксперты ASE (2025) отмечают, что все эхокардиографические заключения должны включать оценку диастолической функции и давления наполнения ЛЖ с указанием, является ли диастолическая функция нормальной или нарушенной (1, 2 степень – умеренное повышение ДЛП или 3 степень – значительное повышение ДЛП). Если степень диастолической дисфункции не определена, в заключении следует указать состояние давления наполнения левого желудочка (нормальное или повышенное). Следует также отмечать признаки изолированного повышения КДД ЛЖ, поскольку это предрасполагает пациентов к повышению среднего ДЛП при физической нагрузке или увеличению постнагрузки.

По возможности в заключении следует указать, произошли ли изменения в степени ДФ ЛЖ по сравнению с предыдущими исследованиями. В отчет следует включать все измерения, использованные для формирования заключения о степени нарушения ДФ: скорости трансмитрального кровотока (E, A); скорость e' митрального кольца; пиковую скорость трикуспидальной регургитации; соотношение E/A и среднее соотношение E/e'; LASr; соотношение S/D или систолическую фракцию в легочных венах; длительность пика A трансмитрального кровотока; длительность пика Ar в легочных венах и/или IVRT.

У пациентов со структурной патологией сердца, заболеваниями клапанов и суправентрикулярными нарушениями ритма взаимосвязь между показателями диастолической функции и давлением наполнения левого желудочка

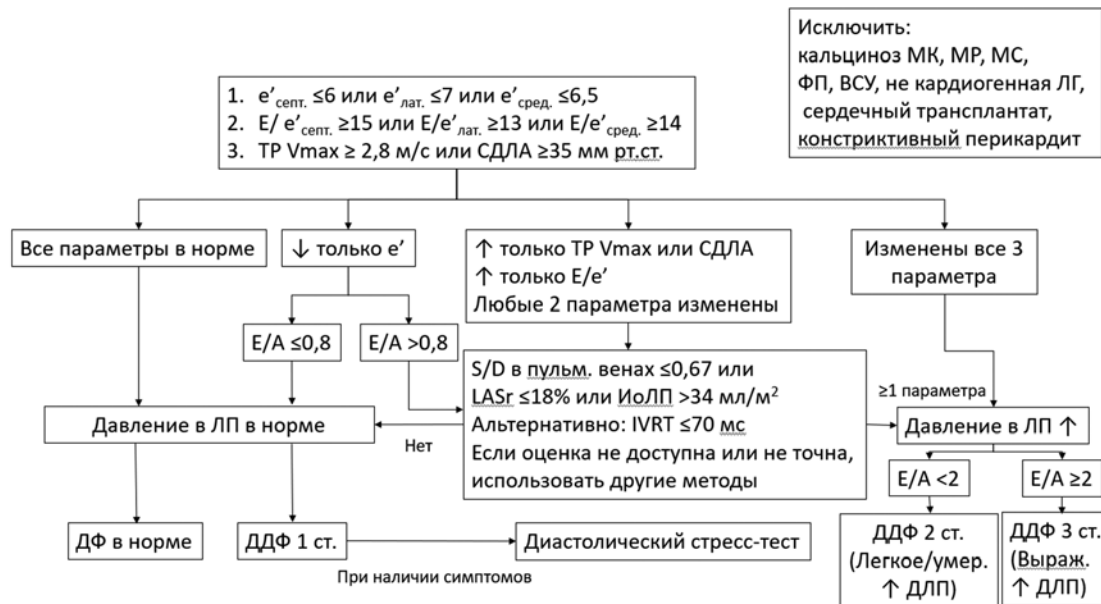


Рисунок 7. Алгоритм оценки диастолической функции левого желудочка у пациентов с сохранной фракцией выброса (ASE, 2025)

изменяется. В табл. 2 приведены основные параметры, ассоциированные с повышением давления наполнения ЛЖ у пациентов в различных клинических ситуациях (табл. 2).

Дополнительные параметры, используемые в оценке ДФ, подробно рассмотрены в монографиях Бартош-Зеленой С.Ю. и соавт. (2024), Новикова В.И. и соавт. (2026).

Таблица 2

Эхокардиографические маркеры повышения давления наполнения левого желудочка у пациентов с отдельными заболеваниями сердца

Заболевание	Параметры повышения ДН ЛЖ
Фибрилляция предсердий	Tdec < 160 мс у пациентов со сниженной ФВ Максимальное ускорение пика E ≥ 1,9 см/с ² IVRT ≤ 65 мс Tdec диаст. скорости в легочных венах ≤ 220 мс E/Vp ratio ≥ 1,4 E/e' _{септ.} ≥ 11 TP Vmax > 2,8 м/с
Синусовая тахикардия	Митральный кровоток с преобладанием раннего диастолического наполнения у пациентов со сниженной ФВ IVRT ≤ 70 мс Систолическая фракция в ЛВ ≤ 40% E/e' _{сред.} > 14 (низкая чувствительность, но высокая специфичность)
Митральная регургитация	IVRT < 60 мс A-A ≥ 30 мс IVRT/TE-e' < 5,6 E/e' _{сред.} > 14 у пациентов со сниженной ФВ
Гипертрофическая кардиомиопатия	E/e' _{сред.} > 14 A-A ≥ 30 мс TP Vmax > 2,8 м/с ИоЛП > 33 мл/м ²
Рестриктивная кардиомиопатия	E/e' _{сред.} > 14 Tdec < 140 мс E/A > 2,5 IVRT < 50 мс
Легочная гипертензия	E/A ≥ 2 характерно для посткапиллярной ЛГ E/A ≤ 0,8 характерно для прекапиллярной ЛГ E/A > 0,8 и E/A < 2, E/e' _{лат.} > 13, ИоЛП > 34 мл/м ² и LASr < 18% характерно для посткапиллярной ЛГ
Митральный стеноз	IVRT < 60 мс Скорость пика A > 1,5 м/с IVRT/T _{E/e'} < 4,2
Умеренный/тяжелый кальциноз митрального кольца	ДН ЛЖ в норме при E/A < 0,8 ДН ЛЖ повышено при E/A > 1,8 E/A > 0,8 и < 1,8 и IVRT ≥ 80 мс E/A > 0,8 и < 1,8 и IVRT < 80 мс
Наличие ВСУ	E/A > 2 Давление в ПП > 10 мм рт. ст. СДЛА > мм рт. ст. E/e' _{сред.} > 14 или E/e' _{септ.} ≥ 15 ИоЛП > 33 мл/м ² ВСУ расположено в МПП†
Сердечный трансплантат	E/e' _{сред.} < 7 – нормальное ДН ЛЖ E/e' _{сред.} > 14 ДН ЛЖ повышено E/e' _{сред.} > 7 и < 14, E/SR _{IVR} ≤ 200 см – нормальное ДН ЛЖ, E/SR _{IVR} > 200 см – ДН ЛЖ повышено При отсутствии возможности измерить E/SR _{IVR} , оценить TP Vmax, TP Vmax ≤ 2,8 м/с – нормальное ДН ЛЖ, TP Vmax > 2,8 м/с – ДН ЛЖ повышено

Заключение

На настоящее время для оценки диастолической функции в качестве отправной точки по-прежнему рекомендуются четыре переменные (ранняя диастолическая скорость движения митрального кольца, e' ; соотношение между ранней диастолической скоростью трансмитрального потока E и e' , E/e' ; индекс объема левого предсердия и максимальная скорость струи трикуспидальной регургитации), но уже с учетом как клинических данных, так и других ЭхоКГ параметров (скорость потока в легочных венах, время изоволюметрического расслабления, проведение пробы Вальсальвы или оценка деформации миокарда ЛП).

Новым и многообещающим параметром, особенно в ситуациях с противоречивыми изменениями основных показателей ДФ, является деформация ЛП в фазу резервуара, которая также рекомендована как для диагностики ДДФ ЛЖ, так и для оценки ее тяжести и мониторинга эффективности лечения, как более точный маркер ДДФ по сравнению с объемом ЛП, в особенности на ее ранних стадиях.

Фазовую функцию ЛП можно оценить как с помощью объемного анализа с использованием 3х-мерной эхокардиографии, так и с помощью анализа деформации/скорости деформации с использованием спекл-трекинг эхокардиографии. Последний способ в меньшей степени зависит от преднагрузки.

Исследование функции ЛП повышает диагностическую точность и прогностическую ценность алгоритмов оценки диастолической функции ЛЖ и сердечной недостаточности с сохраненной фракцией выброса. Деформация ЛП является новым адекватным биомаркером функции левого предсердия.

Список литературы / References

1. Эхокардиография. Методика и количественная оценка / В.И. Новиков, Т.Н. Новикова, С.Ю. Бартош-Зеленая – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: МЕДпресс-информ, 2026. – 160 с. : ил.
2. Novikov V.I., Novikova T.N. Echocardiography. Methodology and quantitative assessment / 3rd ed., revised and enlarged. - M.: MEDpress-inform, 2023. – 136 p.
3. Алгоритм проведения эхокардиографии и формулирование заключения / Под редакцией С.Ю. Бартош-Зеленой. – СПб: Аргус, 2024 – 92 с.: ил. Bartosh-Zelenaya S. Yu. Algorithm of echocardiography performing and forming a report – St. Petersburg: Argus, 2024 – 92 p.
4. Nagueh S.F., Smiseth O.A., Appleton C.P. Recommendations for the Evaluation of Left Ventricular Diastolic Function by Echocardiography: An Update from

- the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging. *J Am Soc Echocardiogr.* 2016 Apr;29(4):277–314. doi: 10.1016/j.echo.2016.01.011. PMID: 27037982.
5. Nagueh S.F.: Left ventricular diastolic function: understanding pathophysiology, diagnosis, and prognosis with echocardiography. *J Am Coll Cardiol* 2020; 13:228.
6. Caballero L., Kou S., Dulgheru R., Gough-Sullivan N. et al: Echocardiographic reference ranges for normal cardiac Doppler data: results from the NORRE Study. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging* 2015; 16:1031.
7. Oh J.K., Miranda W.R., Bird J.G., Kane G.C., Nagueh S.F. The 2016 Diastolic Function Guideline: Is it Already Time to Revisit or Revise Them? *JACC Cardiovasc Imaging.* 2020 Jan;13(1 Pt 2):327–335. doi: 10.1016/j.jcmg.2019.12.004. PMID: 31918901.
8. Huynh Q.L., Kalam K., Iannaccone A. et al: Functional and anatomic responses of the left atrium to change in estimated left ventricular filling pressure. *J Am Soc Echocardiogr* 2015;28:1428.
9. Singh A., Addetia K., Maffessanti F. et al: LA strain for categorization of LV diastolic dysfunction. *J Am Coll Cardiol* 2017;10:735.
10. Thomas L., Marwick T.H., Popescu B.A., Donal E. and Badano L.P.: Left atrial structure and function, and left ventricular diastolic dysfunction: JACC State-of-the-Art Review. *J Am Coll Cardiol* 2019;73: 961.
11. Nagueh S.F., Sanborn D.Y., Oh J.K. et al. Recommendations for the Evaluation of Left Ventricular Diastolic Function by Echocardiography and for Heart Failure With Preserved Ejection Fraction Diagnosis: An Update From the American Society of Echocardiography. <https://doi.org/10.1016/j.echo.2025.03.011>.
12. Badano L.P., Kolias T.J., Muraru D., Abraham T.P., Aurigemma G., Edvardsen T., D'Hooge J., Donal E., Fraser A.G., Marwick T., Merrens L., Popescu B.A., Sengupta P.P., Lancellotti P., Thomas J.D., Voigt J.-U., Industry representatives, & Reviewers: This document was reviewed by members of the 2016–2018 EACVI Scientific Documents Committee. (2018). Standardization of left atrial, right ventricular, and right atrial deformation imaging using two-dimensional speckle tracking echocardiography: A consensus document of the EACVI/ASE/Industry Task Force to standardize deformation imaging. *European Heart Journal. Cardiovascular Imaging.* 19(6), 591–600. <https://doi.org/10.1093/ehjci/ey042>.
13. Alexhin M.N., Kalinin A.O. Диастолическая функция левого желудочка: значение глобальной продольной деформации левого предсердия. Ультразвуковая и функциональная диагностика. 2020;(3):91-104. <https://doi.org/10.24835/1607-0771-2020-3-91-104>.
14. Alexhin M.N., Kalinin A.O. Left ventricular diastolic function: value of left atrial global longitudinal strain. *Ultrasound & Functional Diagnostics.* 2020;(3):91-104. (In Russ.) <https://doi.org/10.24835/1607-0771-2020-3-91-104>.
15. Machino-Ohtsuka T., Seo Y., Tada H. et al. Left atrial stiffness relates to left ventricular diastolic dysfunction and recurrence after pulmonary vein isolation for atrial fibrillation. *Journal of Cardiovascular Electrophysiology.* 2011 (9): 999-1006. doi: 10.1111/j.1540-8167.2011.02049.x.
16. Pathan F., Sivaraj E., Negishi K. Use of Atrial Strain to Predict Atrial Fibrillation After Cerebral Ischemia. *JACC Cardiovasc Imaging.* 2018;11(11):1557-1565. doi: 10.1016/j.jcmg.2017.07.027.
17. Nielsen A.B., Skaaraup K.G., Hauser R. Normal values and reference ranges for left atrial strain by speckle-tracking echocardiography: the Copenhagen City Heart Study. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging.* 2021. 18;23(1):42-51. doi: 10.1093/ehjci/jeab201.
18. Brecht A., Oertelt-Prigione S., Seeland U. Left Atrial Function in Preclinical Diastolic Dysfunction: Two-Dimensional Speckle-Tracking Echocardiography-Derived Results from the BEFRI Trial. *Journal of American Society of Echocardiography* 2016;29(8):750-758. doi: 10.1016/j.echo.2016.03.013.
19. Cameli M., Sparla S., Losito M. Correlation of Left Atrial Strain and Doppler Measurements with Invasive Measurement of Left Ventricular End-Diastolic Pressure in Patients Stratified for Different Values of Ejection Fraction. *Echocardiography.* 2016;33(3):398-405. doi: 10.1111/echo.13094.
20. Khan U.A., de Simone G., Hill J. et al. Depressed atrial function in diastolic dysfunction: a speckle tracking imaging study. *Echocardiography.* 2013; 30(3):309-16. doi: 10.1111/echo.12043.
21. Morris D.A., Belyavskiy E., Aravind-Kumar R. Potential Usefulness and Clinical Relevance of Adding Left Atrial Strain to Left Atrial Volume Index in the Detection of Left Ventricular Diastolic Dysfunction. *JACC Cardiovasc Imaging.* 2018 Oct;11(10):1405-1415. doi: 10.1016/j.jcmg.2017.07.029.
22. Lundberg A., Johnson J., Hage C. et al. Left atrial strain improves estimation of filling pressures in heart failure: a simultaneous echocardiographic and invasive haemodynamic study. *Clin Res Cardiol.* 2019 Jun;108(6):703-715. doi: 10.1007/s00392-018-1399-8.
23. Smiseth O.A., Wang TKM, Klein AL, Nagueh SF. Left ventricular diastolic dysfunction in non-myocardial disorders. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging.* 2024 Oct 30;25(11):1554-1565. doi: 10.1093/ehjci/jeae209. PMID: 39172598; PMCID: PMC11522870.
24. Thomas L., Marwick T.H., Popescu B.A. et al. Left Atrial Structure and Function, and Left Ventricular Diastolic Dysfunction: JACC State-of-the-Art Review. *J Am Coll Cardiol.* 2019 Apr 23;73(15):1961-1977. doi: 10.1016/j.jacc.2019.01.059. PMID: 31000000.

Статья поступила / Received 03.03.2026
Получена после рецензирования / Revised 10.03. 2026
Принята в печать / Accepted 10.03. 2026

Информация об авторах

Степанова Виктория Викторовна^{1,2} – врач функциональной диагностики
E-mail: vikkistepanova16@yandex.ru. ORCID: 0009-0006-7141-0586
Бартош-Зеленая Светлана Юрьевна¹ – д.м.н., проф., проф. кафедры функциональной диагностики
E-mail: s.bartosh.spb@mail.ru. ORCID: 0000-0001-7300-1942
Новиков Владимир Игоревич¹ – д.м.н., проф., зав. кафедрой функциональной диагностики
E-mail: vladimir.novikov@szgmu.ru. ORCID: 0000-0002-2493-6300.
Найден Татьяна Викторовна¹ – к.м.н., доц. кафедры функциональной диагностики
E-mail: tatiyan86@mail.ru. ORCID: 0000-0002-9770-472
Сазонова Дарья Сергеевна³ – врач функциональной диагностики
E-mail: daria.razgovorova@yandex.ru. ORCID: 0009-0004-6470-2770

¹ ФГБОУ ВО «Северо-Западный университет им. И.И. Мечникова, Санкт-Петербург, Россия

² СПб ГБУЗ Городская больница № 40 Курортного района, Санкт-Петербург, Россия

³ Городская клиническая больница № 31, Санкт-Петербург, Россия

Контактная информация:

Татьяна Викторовна Найден. E-mail: tatiyan86@mail.ru

Author information

Victoria Viktorovna Stepanova^{1,2} – specialist of functional diagnostics department
E-mail: vikkistepanova16@yandex.ru. ORCID: 0009-0006-7141-0586
Svetlana Yuryevna Bartosh-Zelenaya¹ – MD, Professor, Professor of the Department of Functional Diagnostics
E-mail: s.bartosh.spb@mail.ru. ORCID: 0000-0001-7300-1942
Vladimir Igorevich Novikov¹ – MD, PhD, Professor, Head of the Functional Diagnostics Department
E-mail: vladimir.novikov@szgmu.ru. ORCID: 0000-0002-2493-6300
Tatyana Viktorovna Nayden¹ – MD, PhD, Associate Professor, Department of Functional Diagnostics
E-mail: tatiyan86@mail.ru. ORCID: 0000-0002-9770-472X
Daria Sergeevna Sazonova³ – specialist of functional diagnostics department
E-mail: daria.razgovorova@yandex.ru. ORCID: 0009-0004-6470-2770

¹ City Hospital No. 40, St. Petersburg, Russia

² North-Western State Medical University, Ministry of Health of the Russian Federation, St. Petersburg, Russia

³ St. Petersburg City Clinical Hospital No. 31, St. Petersburg, Russia

Contact information

Tatyana Viktorovna Nayden. E-mail: tatiyan86@mail.ru

For citation: Stepanova V.V., Bartosh-Zelenaya S.Yu., Novikov V.I., Nayden T.V., Sazonova D.S. Evolution of approaches to echocardiographic assessment of diastolic function. *Medical alphabet.* 2026;(6):11–20. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2026-6-11-20>



Сравнительный анализ результатов ультразвукового и электрофизиологического исследований при легкой степени невропатии локтевого нерва на уровне локтя

Ю.В. Фадеева¹, А.Н. Тимонин^{2,3}, Н.С. Носенко¹, М.В. Синкин⁴

¹ ФГБУ «Федеральный научно-клинический центр специализированных видов медицинской помощи и медицинских технологий ФМБА России», Академия постдипломного образования ФГБУ ФНКЦ ФМБА России, г. Москва, Россия

² ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии», г. Москва, Россия

³ Физический институт РАН (ФИАН), г. Москва, Россия

⁴ ГБУЗ «Научно-исследовательский институт скорой помощи им. Н.В. Склифосовского ДЗМ», г. Москва, Россия

РЕЗЮМЕ

Введение. Электрофизиологическое исследование является основной составляющей инструментальной диагностики невропатии локтевого нерва на уровне локтя (НЛНЛ). В последние годы возрастающее значение приобретает ультразвуковое исследование нервов с возможностью определения области компрессии, динамического исследования и оценки окружающих нерв структур. **Цель исследования.** Сравнить результаты электронейромиографии (ЭНМГ) и УЗИ у пациентов с клиническими признаками НЛНЛ. **Материалы и методы.** Проанализированы данные ЭНМГ и УЗИ локтевого нерва у 93 пациентов с клиническими признаками НЛНЛ легкой (86 человек) и средней (7 человек) степени тяжести по МакГоуэн. Проведено исследование сенсорного и моторного проведения по локтевому нерву с двух сторон, УЗИ локтевого нерва на всем протяжении с оценкой площади поперечного сечения (ППС) и динамическое исследование на предмет нестабильности. **Результаты.** Электрофизиологические изменения, соответствующие НЛНЛ, выявлены у 48 (51,5%) обследованных пациентов, ультразвуковые изменения у 50 (54%). Группы с положительным и отрицательными результатами ЭНМГ и УЗИ не отличались по основным антропометрическим характеристикам пациентов и продолжительности заболевания. При поражении локтевого нерва слева результаты ЭНМГ и УЗИ чаще положительны; наличие *m. anconeus epitrochlearis* в позадинадмышечковой борозде чаще сопровождается отрицательными результатами ЭНМГ. Для ППС локтевого нерва характерна обратная корреляционная связь с амплитудой сенсорного ответа локтевого нерва, СВМ на уровне локтевого сустава и амплитудой М-волны с мышцы, отводящей мизинец. Максимальная ППС локтевого нерва на уровне локтевого сустава отличается у пациентов с различной тяжестью НЛНЛ ($p = 0,0001$). **Выводы.** В исследуемой группе, характеризовавшейся преобладанием пациентов с легкой степенью тяжести синдрома кубитального канала, результаты ЭНМГ и УЗИ обладают значительной согласованностью. Выявленные межфакторные взаимодействия указывают на необходимость комплексного подхода к диагностике поражений локтевого нерва с учетом латерализации процесса и особенностей анатомии.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: мононевропатия локтевого нерва, невропатия локтевого нерва на уровне локтя, ультразвуковое исследование периферических нервов, электронейромиография.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Comparative analysis of ultrasound and electrophysiological studies in mild ulnar neuropathy at the elbow

Y.V. Fadeeva¹, A.N. Timonin^{2,3}, N.S. Nosenko¹, M.V. Sinkin⁴

¹ Federal Scientific and Clinical Center for Specialized Medical Assistance and Medical Technologies of the Federal Medical Biological Agency, Department of Clinical Physiology and Functional Diagnostics of the Academy of Postgraduate Education, Moscow, Russia

² Federal Research Centre of Nutrition, Biotechnology and Food Safety, Moscow, Russia

³ Lebedev Physical Institute, Moscow, Russia

⁴ N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine, Moscow, Russia

SUMMARY

Introduction. Nerve conduction study (NCS) is the main component of instrumental diagnostics of ulnar neuropathy at the elbow (UNE). In recent years, ultrasound (US) examination has become increasingly important, allowing the identification of the site of compression, dynamic examination, and assessment of the structures surrounding the nerve. **Aim.** To compare the results of NCS and US in patients with clinical signs of UNE. **Materials and methods.** The NCS and US data were analyzed in 93 patients with clinical signs of mild (86 patients) and moderate (7 patients) UNE. Standard NCS studies and US of the ulnar nerve were analyzed. **Results.** Electrophysiological changes corresponding to UNE were detected in 48 (51.5%) examined patients, ultrasound changes in 50 (54%). The groups with positive and negative NCS and US results did not differ in the main anthropometric characteristics and disease duration. When the left ulnar nerve is involved, nerve conduction study and ultrasound are often positive; the presence of *m. anconeus epitrochlearis* in the retroepicondylar groove is often accompanied by negative nerve conduction study results. The ulnar nerve CSA is characterized by an inverse correlation with the amplitude of the ulnar nerve sensory response, motor nerve conduction velocity at the elbow and compound muscle action potential amplitude recorded from abductor digiti minimi muscle. The maximum ulnar nerve CSA at the elbow differs in patients with different UNE severity ($p = 0,0001$). **Conclusions.** In the group of patients, which was characterized by a predominance of patients with mild cubital tunnel syndrome, NCS and ultrasound results are highly consistent. The identified factorial interactions indicate the need for a comprehensive approach to diagnosing ulnar nerve lesions, taking into account the lateralization of the process and the specific anatomical features.

KEYWORDS: ulnar neuropathy at the elbow, cubital tunnel, UNE, electrodiagnostic, electromyography, ultrasound.

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

Введение

Невропатия локтевого нерва на уровне локтя (НЛНЛ) занимает второе место по распространенности среди всех мононевропатий [1]. В отличие от других компрессионных невропатий, для НЛНЛ характерна высокая гетерогенность механизмов повреждения нерва и природы компримирующих факторов [2]. По мнению S. Podnar, фокальные невропатии, вызванные механическим воздействием, могут быть либо следствием однократного или повторяющегося влияния внешней силы, вызывающей сдавление нерва между внешним объектом и подлежащей костью, либо следствием непрерывного ущемления нерва внутренними структурами, такими как утолщенные связки и фасции. Большинство невропатий первой группы лечатся консервативно, главным образом путем придания конечности правильного положения, в то время как вторая группа часто требует хирургического пересечения компримирующих структур. При НЛНЛ на ограниченной анатомической территории возможно возникновение невропатий обеих групп, при этом до 80% приходится на внешнюю компрессию нерва [3]. Повреждения, вызванные внешним сдавлением, обычно находятся на уровне медиального надмыщелка плечевой кости или на 2 см проксимальнее и являются преимущественно демиелинизирующими, в то время как невропатии вследствие компрессии на уровне плечелоктевой аркады обычно локализованы на 2–3 см дистальнее надмыщелка и являются преимущественно аксональными [4].

Клиническая картина НЛНЛ складывается из нарушений чувствительности в зоне иннервации локтевого нерва и слабости мышц, иннервируемых локтевым нервом. Диагностика НЛНЛ основана на клинических данных и подтверждается результатами электронейромиографии (ЭНМГ) и ультразвукового исследования (УЗИ) [1, 5]. Длительное время ЭНМГ была основным инструментальным методом диагностики туннельных невропатий. Однако в отличие от синдрома запястного канала, при котором чувствительность ЭНМГ превышает 85% [6], чувствительность ЭНМГ при НЛНЛ варьирует в пределах 38–89%, электрофизиологические методики не всегда позволяют локализовать поражение и не дают информацию, которая могла бы помочь в выборе тактики лечения [7]. Возможность визуализации нерва и окружающих тканей, проведения динамических исследований, в последние годы – оценки жесткости и микроциркуляции при относительной доступности объясняют растущую популярность УЗИ в исследовании периферических нервов. Чувствительность УЗИ в диагностике НЛНЛ составляет 64–81% [8], оно может ло-

кализовать процесс и определить его этиологию [9, 10]. Представляет интерес сопоставление результатов двух методов исследования у различных групп пациентов, определение особенностей клинических случаев с наличием признаков фокальной компрессии нерва на УЗИ в сочетании с нормальной электрофизиологической картиной и наоборот.

Цель исследования: сравнить результаты ЭНМГ и УЗИ у пациентов с клиническими признаками НЛНЛ.

Материалы и методы

Ретроспективно проанализированы данные ЭНМГ и УЗИ локтевого нерва у 93 пациентов (от 22 до 65 лет, средний возраст 43 ± 10 лет, 35 мужчин, 58 женщин) с клиническими признаками НЛНЛ легкой (86 человек) и средней (7 человек) степени тяжести по МакГоуэн, где легкая степень соответствует минимальным изменениям без объективных признаков мышечной слабости, средняя степень умеренному парезу мелких мышц кисти, иннервируемых локтевым нервом, и тяжелые изменения выраженной слабости одной или более мышц [11]. В исследование не включались пациенты с травмами и оперативными вмешательствами на верхней конечности в анамнезе, клиническими признаками полинейропатии, радикулопатии C8-Th1, поражения плечевого сплетения. Моторное и сенсорное проведение по локтевому нерву с двух сторон исследовано в соответствии с базовой методикой [12] на электронейромиографе Нейро-МВП-4 (Нейрософт, Иваново). Температура верхней конечности составляла не менее 32 °С, рука находилась в положении умеренного сгибания в локтевом суставе. Моторное проведение исследовалось при регистрации с мышцей, отводящей мизинец. В качестве электрофизиологических критериев НЛНЛ использовались критерии Американской ассоциации электродиагностической медицины (ААЕМ): снижение абсолютных значений скорости распространения возбуждения по двигательным волокнам (СРВм) на уровне локтевого сустава менее 50 м/с, снижение СРВм на уровне локтевого сустава более чем на 10 м/с по сравнению с предплечьем, снижение амплитуды М-волны на уровне локтевого сустава на 20% и более при условии отсутствия аномалий иннервации [13]. При двустороннем НЛНЛ анализировались данные наиболее пораженной стороны, с целью исключения генерализованного невралного поражения исследовалось сенсорное и моторное проведение по срединному нерву.

Выраженность электрофизиологических изменений оценивалась по шкале Padua et al (таблица 1) [14].

Таблица 1
Классификация нейрофизиологических изменений при НЛНЛ по степени тяжести

Степень тяжести	Результаты исследования сенсорного и моторного проведения по локтевому нерву
Негативная НЛНЛ	Нормальные результаты всех методик исследования
Легкая степень	Снижение СРВм на уровне локтевого сустава при нормальной амплитуде сенсорного потенциала
Умеренная степень	Снижение СРВм на уровне локтевого сустава в сочетании со снижением амплитуды сенсорного потенциала
Тяжелая степень	Снижение СРВм на уровне локтевого сустава в сочетании отсутствием сенсорного потенциала
Крайняя степень	Отсутствие М-волны с m. abductor digiti minimi (и сенсорного потенциала)

Ультразвуковое исследование проведено на сканерах Philips Lumify (Koninklijke Philips N.V.) и HD-7 (Philips, Нидерланды) с использованием линейных датчиков в диапазоне частот 4–12 МГц и 3–12 МГц, соответственно, в серошкальном режиме в поперечной и продольной плоскостях. В поперечной плоскости локтевой нерв исследовался на всем протяжении от подмышечной впадины до запястья; исследование на уровне локтевого сустава проводилось в положении полного разгибания и при выполнении динамической пробы со сгибанием в локтевом суставе. Площадь поперечного сечения (ППС) нерва измерялась методом ручной трассировки кнутри от гиперэхогенного эпинеурия на уровне середины плеча, в области максимального увеличения на уровне локтевого сустава, середины предплечья, запястья. При увеличении ППС на уровне локтевого сустава более 10 мм² результаты ультразвукового исследования считались положительными [15]. Смещение локтевого нерва на верхушку медиального надмыщелка плечевой кости или через нее при выполнении функционального исследования (подвывих и вывих, соответственно) рассматривались как нестабильность нерва. При разогнутой в локтевом суставе руке в позадинадмышцелковой борозде оценивалось наличие локтевой эпитрохлеарной мышцы, m. anconeus epitrochlearis (АЕ) (рисунок 1).

Статистическая обработка проведена при помощи программы Microsoft Excel. Сравнение количественных показателей проводилось с использованием критерия Краскела – Уоллиса. Для сравнения распределений номинативных показателей по трем основным категориям (пол пациентов, сторон поражения и метод диагностики (ЭНМГ/УЗИ)) при-

менялся критерий Смирнова – Колмогорова. Метод Йетса использовался в рамках планирования эксперимента по типу факторных планов 2³ и 2². Для анализа влияния пола и пораженной стороны использовался план 2³ с тремя фиксированными факторами – пол (два уровня с ортогональными контрастами, -1 для мужчин, +1 для женщин), результаты ЭНМГ и результаты УЗИ (+1 для положительного результата исследования, -1 для отрицательного). Зависимая переменная представлялась бинарным кодом: 0 – несоответствие вектору матрицы плана, 1 – соответствие вектору матрицы плана. Для анализа специфических показателей (частота АЕ в позадинадмышцелковой борозде и частота нестабильности локтевого нерва) применялся факторный план 2² с двумя фиксированными факторами (ЭНМГ и УЗИ) при аналогичном кодировании уровней.

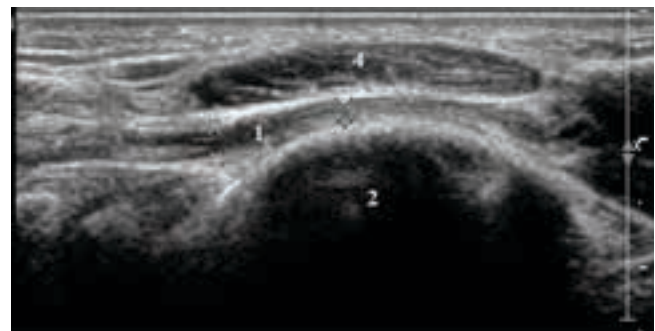
Связь между переменными оценивалась при помощи коэффициента ранговой корреляции Спирмена R. Результаты считались значимыми при p < 0,05.

Результаты

Электрофизиологические изменения, соответствующие НЛНЛ, выявлены у 48 (51,5%) обследованных пациентов, ультразвуковые изменения у 50 (54%). Случаи поражения локтевого нерва другой локализации помимо уровня локтевого сустава по данным ЭНМГ и УЗИ выявлены не были. Результаты ЭНМГ и УЗИ не соответствовали друг другу у 22 (23,5%) пациентов. Пациенты четырех групп (ЭНМГ+/УЗИ+, ЭНМГ+/УЗИ-, ЭНМГ-/УЗИ+, ЭНМГ-/УЗИ-) не отличались по основным антропометрическим характеристикам и продолжительности заболевания (таблица 2).



а



б

Рисунок 1. М. anconeus epitrochlearis при поперечном (а) и продольном (б) сканировании. 1 – локтевой нерв, 2 – медиальный надмыщелок плечевой кости, 3 – локтевой отросток, 4 – m. anconeus epitrochlearis

Таблица 2

Основные характеристики пациентов исследованных групп

Показатель	ЭНМГ+/УЗИ+	ЭНМГ+/УЗИ-	ЭНМГ-/УЗИ+	ЭНМГ-/УЗИ-	p
Количество пациентов	38	10	12	33	
Пол (мужчины/ женщины), n (%)	16 (42) / 22 (58)	2 (20) / 8 (80)	5 (42) / 7 (58)	12 (36) / 21 (64)	0,99
Возраст, годы (медиана, Q1; Q3)	43 [37; 49]	43 [35; 48]	41 [39; 51]	43 [35; 49]	0,99
Рост, м (медиана, Q1; Q3)	1,7 [1,6; 1,8]	1,7 [1,6; 1,8]	1,7 [1,6; 1,7]	1,7 [1,6; 1,8]	0,64
Вес, кг (медиана, Q1; Q3)	85 [68; 92]	76 [63; 83]	70 [60; 81]	75 [66; 90]	0,19
ИМТ, кг/м ² (медиана, Q1; Q3)	27 [24; 31]	25 [23; 29]	24 [22; 29]	25 [24; 29]	0,33
Продолжительность заболевания, месяцы, (медиана, Q1; Q3)	1,0 [0,8; 3,4]	1,3 [0,6; 1,9]	2,0 [1,0; 8,3]	2,0 [0,5; 5,0]	0,70
Сторона поражения (левая/ правая), n (%)	32 (84) / 6 (16)	6 (60) / 4 (40)	8 (67) / 4 (33)	16 (48) / 17 (52)	0,01
Частота нестабильности локтевого нерва, n (%)	11 (29)	2 (20)	5 (42)	12 (36)	0,00
Частота АЕ в позадинадмышцелковой борозде, n (%)	11 (29)	4 (40)	0 (0)	5 (15)	0,00

Примечание: качественные номинальные переменные представлены в абсолютных значениях и частотах (%). Количественные переменные представлены как медиана и интерквартильный размах [Q1, Q3].

Статистически значимые различия между мужчинами и женщинами при использовании ЭНМГ и УЗИ отсутствовали ($p=0,999$), что свидетельствует о равенстве распределений диагностических результатов независимо от пола пациента. Применение метода Йетса позволило вычислить коэффициенты линейной регрессии для ортогональных контрастов факторов и их межфакторных взаимодействий. Наиболее значимой оказалась прямо пропорциональная сильная линейная взаимосвязь между методами ЭНМГ УЗИ ($b=0,14, p<0,01$). Это означает, что положительный результат ЭНМГ с высокой вероятностью соответствует положительному результату УЗИ. Также установлено, что УЗИ вносит ненулевой вклад в показатели чувствительности и специфичности исследования ($b = -0,03, p = 0,02$).

Выявлены статистически значимые различия между левосторонним и правосторонним поражением ($p = 0,013$), что свидетельствует о неравномерности распределения диагностических результатов в зависимости от латерализации процесса. Частота встречаемости нестабильности локтевого нерва в исследованных группах отличалась ($p < 0,01$). При этом статистически значимым оказалось только межфакторное взаимодействие ЭНМГ/УЗИ ($b=0,13, p<0,01$), в то время как индивидуальные факторы не показали достоверного влияния (УЗИ: $b=-0,02, p=0,53$; ЭНМГ: $b=0,03, p=0,21$).

Выявлены значимые отличия частоты встречаемости АЕ в позадинадмышцелковой борозде в четырех исследо-

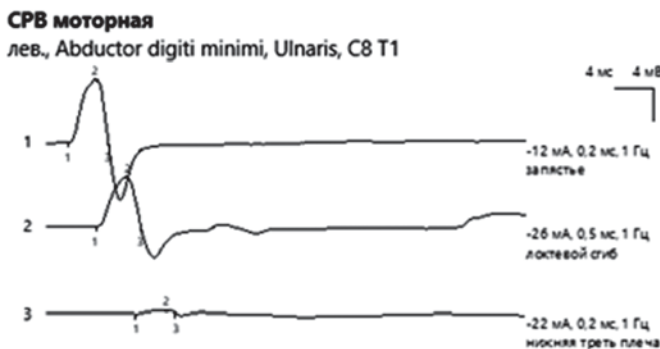
ванных группах ($p < 0,01$). Максимальное значение оказывало межфакторное взаимодействие ЭНМГ/УЗИ ($b=0,15, p<0,01$), подтверждая согласованность результатов обеих методик. Установлена также обратно пропорциональная взаимосвязь между результатами ЭНМГ и частотой АЕ ($b=-0,125, p<0,01$): наличие АЕ сопровождается уменьшением частоты положительных результатов ЭНМГ.

Для ППС локтевого нерва выявлена статистически значимая обратная корреляционная связь с амплитудой сенсорного ответа локтевого нерва, СРВм на уровне локтевого сустава и амплитудой М-волны с мышцы, отводящей мизинец (таблица 3).

Таблица 3
Результаты корреляционного анализа ППС локтевого нерва и основных электрофизиологических показателей. Выделены значимые корреляции ($p < 0,05$)

	Амплитуда сенсорного ответа	Амплитуда М-волны	СРВм на уровне локтевого сустава
ППС	-0,55	-0,22	-0,46

Максимальная ППС локтевого нерва на уровне локтевого сустава статистически значимо отличается у пациентов с различной тяжестью НЛНЛ ($p = 0,0001$), однако результаты измерений в значительной степени перекрываются, что делает невозможным определение тяжести нейрофизиологических изменений у конкретного пациента по данным УЗИ (рисунок 2).



Резидуальная латентность и ПДК

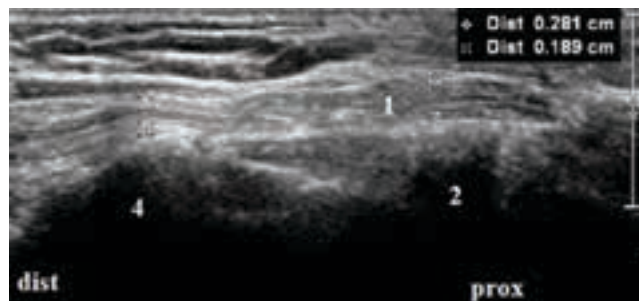
Рез. лат. мс	Норма РЛ, мс	Откл. РЛ, %	Индекс терм. лат.	Прокс.-дист. к-нт
1.45	1.8	(N)	0.341	0.365

Параметры М-ответа (амплитуда: негативный пик)

N	Точка стимуляции	Расст., мм	Лат., мс	Ампл., мВ	Норма ампл., мВ	Откл. ампл., %	Длит., мс	Скор., м/с	Норма скор., м/с	Откл. скор., %
лев., Abductor digiti minimi, Ulnaris, C8 T1										
1	запястье	50	2,2	7,7	9,0	(N)	4,3			
2	локтевой сгиб	200	5,2	5,9	9,0	-34,3	4,7	66,7	60,0	(N)
3	нижняя треть плеча	100	9,3	0,5	9,0	-94,7	4,2	24,3	60,0	-59,5



б



в

Рисунок 2. Результаты исследования моторного проведения по локтевому нерву (а) и УЗИ локтевого нерва при поперечном сканировании на уровне позадинадмышцелковой борозды (б) и при продольном сканировании на уровне локтевого сустава (в) у пациентки 48 лет, ИМТ = 22,8 кг/м², с онемением в области иннервации левого локтевого нерва в течение одного месяца. Зарегистрированы признаки демиелинизирующего поражения локтевого нерва на уровне локтя в виде локального снижения СРВм до 24,3 м/с, N > 50 м/с, на 42,4 м/с по сравнению с предплечьем, N < 10 м/с, формирования частичного блока проведения 92% по амплитуде М-волны. Площадь поперечного сечения и толщина локтевого нерва соответствуют нормальным значениям. 1 – локтевой нерв, 2 – медиальный надмыщелок плечевой кости, 3 – локтевой отросток, 4 – локтевая кость

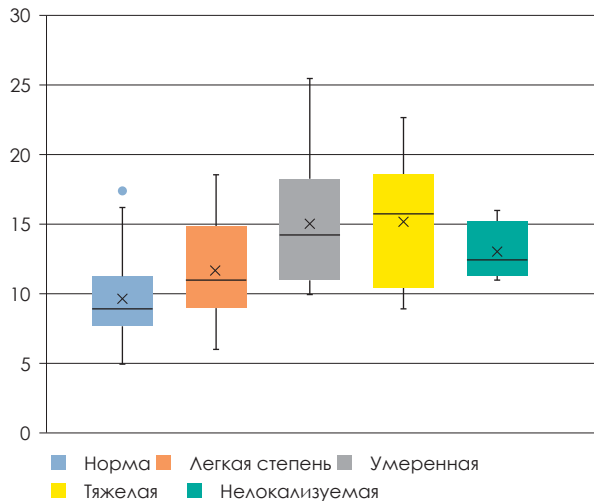


Рисунок 3. ППС локтевого нерва у пациентов с различной степенью тяжести электрофизиологических проявлений НЛНЛ, мм²

У всех пациентов с нелокализуемым по данным ЭНМГ поражением локтевого нерва ППС на уровне локтевого сустава превышала 10 мм² и позволяла таким образом определить локализацию поражения (рисунок 3).

Обсуждение

В исследованной группе, состоящей преимущественно из пациентов с легкой формой НЛНЛ, электрофизиологические изменения были выявлены в 51,5%, ультразвуковые изменения в 54% случаев. По данным Pelosi et Mulroy у пациентов с очень легкими клиническими проявлениями НЛНЛ (субъективными сенсорными нарушениями) чувствительность ЭНМГ и УЗИ составляет 3 и 20%, соответственно; при легких клинических проявлениях (наличии объективно регистрируемых нарушений чувствительности) 47 и 62% [16]. По данным Omejes et Podnar чувствительность ЭНМГ и УЗИ при очень легких и легких формах НЛНЛ составляет 29 и 14%, и 44 и 47%, соответственно [17]. Вероятно, легкая степень поражения нерва оказывается достаточной, чтобы вызвать сенсорные нарушения, но недостаточна для появления изменений, регистрируемых при электрофизиологическом и ультразвуковом исследовании. Кроме того, эта группа пациентов может включать и пациентов без поражения локтевого нерва [18]. Тем не менее, пациенты с легкой формой НЛНЛ заслуживают внимания, так как составляют до 40% всех обращающихся по поводу поражения локтевого нерва [16].

Сопоставление результатов исследований затрудняет отсутствие общепринятых методических подходов. Так, оценке СРВм на уровне локтевого сустава на участке 10 см и использовании в качестве верхней границы нормальных значений при УЗИ ППС локтевого нерва 8,7 мм², чувствительность УЗИ при легкой степени НЛНЛ превышает чувствительность ЭНМГ [16]. При исследовании СРВм на уровне локтевого сустава в шести точках на расстоянии 2 см друг от друга и использовании в качестве критерия патологии снижения СРВм < 31 м/с и амплитуды М-волны > 12%, а в качестве

верхней границы нормальных значений ППС 10 мм², чувствительность ЭНМГ превышает чувствительность УЗИ [10].

Сопоставление результатов исследований затруднено также ввиду отсутствия единого «золотого стандарта» клинической диагностики. Так, в качестве клинических критериев НЛНЛ могут использоваться как изолированные расстройства чувствительности (онемение, парестезии, боль) в зоне иннервации локтевого нерва [19, 20], так и обязательное наличие двигательного дефицита [21].

Отличий обследованных групп по продолжительности заболевания выявлено не было. Согласно одной из точек зрения, вероятность обнаружить ультразвуковые изменения должна увеличиваться по мере увеличения продолжительности заболевания, т. к. снижение СРВм или формирование блока проведения происходят практически сразу после повреждения, в то время как развитие отека требует времени [22]. С другой стороны, наличие гистопатологических признаков хронической компрессии при отсутствии клинических проявлений невропатии, увеличение ППС локтевого нерва на уровне локтевого сустава по данным МРТ у здоровых испытуемых позволяют рассматривать НЛНЛ как декомпенсацию процесса, длительно протекавшего субклинически, и предполагают возможность обнаружить увеличение ППС нерва по данным УЗИ при небольшой длительности заболевания [23, 24].

Небольшое количество обследованных пациентов с умеренно выраженной НЛНЛ не позволило сравнить группы пациентов с разной степенью тяжести клинических проявлений. У 7 из 86 (8%) пациентов из группы с легкой степенью тяжести невропатии (изолированными чувствительными расстройствами) зарегистрирован блок проведения на уровне локтевого сустава по амплитуде М-волны 20% и более. При этом считается, что аксональному поражению периферического нерва соответствует снижение силы и атрофия мышцы, демиелинизирующему поражению с блоком проведения – снижение силы мышцы без атрофии, изолированному снижению СРВм – нормальные сила и размеры иннервируемых мышц [25]. Полученные данные соответствуют описанным в литературе – несмотря на значимые различия силы и объема мышц при различном характере патологического процесса, клиническая оценка не позволяет надежно судить об аксональном или демиелинизирующем поражении у конкретного пациента [25].

Классификация электрофизиологических изменений при НЛНЛ по степени тяжести, использованная в настоящей работе, следует патофизиологическим принципам классификации полинейропатий – снижение амплитуды сенсорного потенциала расценивается как признак аксонального поражения сенсорных волокон. Но такая точка зрения не является единственной – снижение амплитуды сенсорного потенциала иногда рассматривается как следствие темпоральной дисперсии или феномена «погашения фаз» [19]. Наличие аксонального поражения сенсорной порции нерва при снижении амплитуды сенсорного потенциала подтверждается отсутствием увеличения его амплитуды при регрессе симптоматики, несмотря

на улучшение кожной чувствительности. Предполагается, что в уменьшении выраженности сенсорных расстройств, в том числе выявляемых при помощи монофиламента, могут участвовать центральные механизмы [26].

Вероятность выявить НЛНЛ по данным ЭНМГ и УЗИ оказалась выше при левостороннем поражении. В целом, поражение локтевого нерва слева встречается чаще (61% при анализе 880 случаев) с сохранением этой тенденции у леворуких пациентов [27]. При этом бессимптомное снижение СРВм на уровне локтевого сустава преобладает справа [28].

Исследованные группы не отличались по частоте вывиха и подвывиха локтевого нерва. Единого мнения о роли нестабильности локтевого нерва в патогенезе НЛНЛ в настоящее время нет. Суммарная частота вывиха и подвывиха у здоровых испытуемых составляет по разным данным от 2 до 56% [13, 27]. Нестабильность нерва сопровождается увеличением его ППС [27, 30], однако связь с НЛНЛ неясна – утверждается как об отсутствии роли нестабильности в патогенезе заболевания [31, 32], так и о более тяжелом течении с увеличением доли аксональных форм на фоне нестабильности [33], и даже о защитной роли смещения нерва, уменьшающего его натяжение и частоту невропатии [34]. Помимо нестабильности, вероятно, заслуживает оценки и динамическая компрессия локтевого нерва трехглавой мышцей плеча при отсутствии вывиха нерва [35].

Выявлены статистически значимые отличия частоты локтевой эпитрохлеарной мышцы в исследованных группах: наличие АЕ сопровождалось уменьшением частоты положительных результатов ЭНМГ. В соответствии с данными патологоанатомических, ультразвуковых и магнитно-резонансных методов исследования, частота встречаемости АЕ у человека составляет 3–34% [36]. Согласно одной из точек зрения, АЕ может способствовать компрессии локтевого нерва в позадинадмышечковой борозде [37, 38], более ранней манифестации заболевания, быстрому прогрессированию, выраженному снижению скоростных показателей и развитию блока проведения возбуждения [39]. По другим данным, частота АЕ среди здоровых лиц выше, чем среди пациентов с НЛНЛ [40, 41], а улучшение при оперативном лечении наступает раньше [36].

Статистически значимая обратная корреляционная связь ППС локтевого нерва была наиболее сильной для амплитуды сенсорного ответа локтевого нерва ($r = -0,55$) и менее сильной для СРВм на уровне локтевого сустава и амплитуды М-волны с мышцы, отводящей мизинец ($r = -0,46$ и $-0,22$, соответственно). В опубликованной литературе описана корреляционная взаимосвязь ППС локтевого нерва с СРВм ($r = -0,33$ [42], $-0,47$ [43], $-0,75$ [44]). В целом для группы пациентов с положительными результатами ЭНМГ описаны большие значения ППС локтевого нерва, установлена корреляция ППС с тяжестью электрофизиологических изменений [20, 45].

В соответствии с консенсусом международной группы экспертов, во всех случаях НЛНЛ должны проводиться как электрофизиологическое, так и ультразвуковое ис-

следование, так как в совокупности эти методы более информативны, чем каждый из них в отдельности. УЗИ дает возможность оценить структурные изменения нерва и окружающих тканей и чаще позволяет определить локализацию процесса, в то время как ЭНМГ на сегодняшний день является лучшим методом оценки тяжести процесса [7].

Заключение

У пациентов с НЛНЛ легкой степени выраженности ЭНМГ и УЗИ позволяют выявить патологические изменения приблизительно в половине случаев. Результаты ЭНМГ и УЗИ в значительной мере согласованы при несколько более высокой вероятности обнаружить патологические изменения по данным УЗИ. Наличие локтевой эпитрохлеарной мышцы в позадинадмышечковой борозде сопровождается увеличением доли положительных результатов исследования, и в большей степени эта тенденция выражена для ЭНМГ. Учитывая возможный динамический характер компрессии нерва, вероятность ложноположительных результатов, диагностика НЛНЛ требует комплексного подхода. Разработка единых клинических критериев диагностики НЛНЛ позволила бы с большей точностью сопоставлять чувствительность и специфичность диагностических методов.

Список литературы / References

1. Головачева ВА, Парфенов ВА, Головачева АА и др. Синдром кубитального канала: современные принципы диагностики и лечения. *Неврология, нейропсихиатрия, психосоматика*. 2019;11(Прил. 2):89–97. Golovacheva VA, Parfenov VA, Golovacheva AA, et al. Cubital tunnel syndrome: current principles of diagnosis and treatment. *Neurologiya, neiropsikhiatriya, psikhosomatika = Neurology, Neuropsychiatry, Psychosomatics*. 2019;11(Suppl. 2): 89–97. (in Russ.)
2. Bodner, G. (2008). Nerve Compression Syndromes. In: Peer, S., Bodner, G. (eds) *High-Resolution Sonography of the Peripheral Nervous System*. Medical Radiology. Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-540-49084-5_4.
3. Podnar, S. Patterns and parameters describing nerve thickening in compression and entrapment ulnar neuropathies at the elbow. *Clinical Neurophysiology* (2020). doi: 10.1016/j.clinph.2020.10.025.
4. Omejec G, Podnar S. What causes ulnar neuropathy at the elbow? *Clin Neurophysiol*. 2016;127(11):919–924. doi:10.1016/j.clinph.2015.05.027.
5. Anderson D, Woods B, Abubakar T, Koontz C, Li N, Hasoon J, Viswanath O, Kaye AD, Urits I. A Comprehensive Review of Cubital Tunnel Syndrome. *Orthop Rev (Pavia)*. 2022 Sep 15;14(3):38239. doi: 10.52965/001c.38239.
6. Dahlin, L.B., Zimmerman, M., Calcagni, M. et al. Carpal tunnel syndrome. *Nat Rev Dis Primers* 10, 37 (2024). <https://doi.org/10.1038/s41572-024-00521-1>.
7. Pelosi L, Arányi Z, Beekman R, Bland J, Coraci D, Hobson-Webb LD, Padua L, Podnar S, Simon N, van Alfen N, Verhamme C, Visser L, Walker FO, Yoon JS, Cartwright MS. Expert consensus on the combined investigation of ulnar neuropathy at the elbow using electrodiagnostic tests and nerve ultrasound. *Clin Neurophysiol*. 2021 Sep;132(9):2274–2281. doi: 10.1016/j.clinph.2021.04.018.
8. Shook SJ, Ginsberg M, Narayanaswami P, Beekman R, Dubin AH, Katirji B, Swaminathan B, Werner RA, Cartwright MS. Evidence-based guideline: Neuromuscular ultrasound for the diagnosis of ulnar neuropathy at the elbow. *Muscle Nerve*. 2022 Feb;65(2):147–153. doi: 10.1002/mus.27460.
9. Pelosi L, Tse DMY, Mulroy E, Chancellor AM, Boland MR. Ulnar neuropathy with abnormal non-localizing electrophysiology: Clinical, electrophysiological and ultrasound findings. *Clin Neurophysiol*. 2018 Oct;129(10):2155–2161. doi: 10.1016/j.clinph.2018.07.020.
10. Omejec G, Podnar S. Utility of nerve conduction studies and ultrasonography in ulnar neuropathies at the elbow of different severity. *Clin Neurophysiol*. 2020 Jul;131(7):1672–1677. doi: 10.1016/j.clinph.2020.02.019.
11. McGowan AJ. The results of transposition of the ulnar nerve for traumatic ulnar neuritis. *J Bone Joint Surg Br*. 1950;32-B(3):293–301. doi:10.1302/0301-620X.32B3.293.
12. Николаев С.Г. Атлас по электромиографии. – 2-е изд., испр. и доп. – Иваново: ПресСто, 2015. – 488 с.
13. Nikolaev S.G. Atlas po elektromiografii Atlas of electromyography: 2nd ed., rev. and add. Ivanovo: PressSto, 2015. 488 p. (In Russ.)
14. Practice parameter for electrodiagnostic studies in ulnar neuropathy at the elbow: summary statement. American Association of Electrodiagnostic Medicine, American Academy of Neurology, American Academy of Physical Medicine and Rehabilitation. *Muscle Nerve*. 1999 Mar;22(3):408–11. doi: 10.1002/(sici)1097-4598(199903)22:3<408::aid-mus16>3.0.co;2-7.
15. Padua L, Aprile I, Mazza O, Padua R, Pietracchi E, Caliendo P, Pauri F, D'Amico P,

- Tonali P. Neurophysiological classification of ulnar entrapment across the elbow. *Neurol Sci.* 2001 Feb;22(1):1–6. doi: 10.1007/s100720170030.
15. Chang KV, Wu WT, Han DS, Özçakar L. Ulnar Nerve Cross-Sectional Area for the Diagnosis of Cubital Tunnel Syndrome: A Meta-Analysis of Ultrasonographic Measurements. *Arch Phys Med Rehabil.* 2018 Apr;99(4):743–757. doi: 10.1016/j.apmr.2017.08.467.
 16. Pelosi L, Mulroy E. Diagnostic sensitivity of electrophysiology and ultrasonography in ulnar neuropathies of different severity. *Clin Neurophysiol.* 2019 Feb;130(2):297–302. doi: 10.1016/j.clinph.2018.11.018.
 17. Omejec G, Podnar S. Utility of nerve conduction studies and ultrasonography in ulnar neuropathies at the elbow of different severity. *Clin Neurophysiol.* 2020 Jul;131(7):1672–1677. doi: 10.1016/j.clinph.2020.02.019.
 18. Simon NG, Boon AJ, Preston DC. Is ultrasound better than electrodiagnosis for the diagnosis of compressive neuropathy? *Clin Neurophysiol.* 2020 Jul;131(7):1657–1659. doi: 10.1016/j.clinph.2020.04.001.
 19. Vinciguerra C, Curti S, Aretini A, Sicurelli F, Greco G, Mattioli S, Mondelli M. Clinical Findings and Electrodiagnostic Testing in Ulnar Neuropathy at the Elbow and Differences According to Site and Type of Nerve Damage. *Am J Phys Med Rehabil.* 2020 Feb;99(2):116–123. doi: 10.1097/PHM.0000000000001286.
 20. Carroll TJ, Chirokikh A, Thon J, Jones CMC, Logigian E, Ketonis C. Diagnosis of Ulnar Neuropathy at the Elbow Using Ultrasound – A Comparison to Electrophysiologic Studies. *J Hand Surg Am.* 2023 Dec;48(12):1229–1235. doi: 10.1016/j.jhsa.2023.08.014.
 21. Zhang Y, Liu WY, Xue WL, Wu H, Yuan Y, Ma XY, Wang H, Zhou XL. Diagnostic efficiency of conventional ultrasound, shear wave elastography, and superb microvascular imaging in evaluating ulnar neuropathy at the elbow. *Muscle Nerve.* 2024 Aug;70(2):210–216. doi: 10.1002/mus.28171.
 22. Podnar S, Omejec G. Reply to "Electrophysiology and ultrasonography in the diagnosis of ulnar neuropathy at the elbow". *Clin Neurophysiol.* 2020 Jul;131(7):1688–1689. doi: 10.1016/j.clinph.2020.04.002.
 23. Simon NG, Ralph JW, Poncet AN, Engstrom JW, Chin C, Kliot M. A comparison of ultrasonographic and electrophysiologic 'inching' in ulnar neuropathy at the elbow. *Clin Neurophysiol.* 2015 Feb;126(2):391–8. doi: 10.1016/j.clinph.2014.05.023.
 24. Neary D, Ochoa J, Gilliat RW. Sub-clinical entrapment neuropathy in man. *J Neurol Sci.* 1975 Mar;24(3):283–98. doi: 10.1016/0022-510x(75)90248-8.
 25. Omejec G, Žgur T, Podnar S. Can neurologic examination predict pathophysiology of ulnar neuropathy at the elbow. *Clinical Neurophysiology* (2016), doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.clinph.2016.08.002>.
 26. Podnar S. No Major Nerve Regeneration Seems to Occur during Recovery of Ulnar Neuropathy at the Elbow. *J Clin Med.* 2023 Jun 7;12(12):3906. doi: 10.3390/jcm12123906.
 27. Ashworth NL, Huang C, Chan KM. Laterality and risk factors for ulnar neuropathy at the elbow. *Muscle Nerve.* 2020 Jan;61(1):101–104. doi: 10.1002/mus.26737.
 28. Mondelli M, Ciaramitaro P, Greco G, Pitocchi E, Sicurelli F, Vinciguerra C. Risk factors of asymptomatic reduction of motor conduction velocity of the ulnar nerve across the elbow. *Neurol Sci.* 2022 Mar;43(3):2065–2072. doi: 10.1007/s10072-021-05584-6.
 29. Cornelison SM, Sclocco R, Kettner NW. Ulnar nerve instability in the cubital tunnel of asymptomatic volunteers. *J Ultrasound.* 2019 Sep;22(3):337–344. doi: 10.1007/s40477-019-00370-9.
 30. Okamoto M, Abe M, Shirai H, Ueda N. Morphology and dynamics of the ulnar nerve in the cubital tunnel. Observation by ultrasonography. *J Hand Surg Br.* 2000 Feb;25(1):85–9. doi: 10.1054/jhsb.1999.0317.
 31. Van Den Berg PJ, Pompe SM, Beekman R, Visser LH. Sonographic incidence of ulnar nerve (sub)luxation and its associated clinical and electrodiagnostic characteristics. *Muscle Nerve.* 2013 Jun;47(6):849–55. doi: 10.1002/mus.23715.
 32. Omejec G, Podnar S. Does ulnar nerve dislocation at the elbow cause neuropathy? *Muscle Nerve.* 2016 Feb;53(2):255–9. doi: 10.1002/mus.24786.
 33. Kang S, Yoon JS, Yang SN, Choi HS. Retrospective study on the impact of ulnar nerve dislocation on the pathophysiology of ulnar neuropathy at the elbow. *PeerJ.* 2019 May 20;7:e6972. doi: 10.7717/peerj.6972.
 34. Bordes SJ Jr, Jenkins S, Bang K, Turgut M, Iwanaga J, Loukas M, Spinner RJ, Dumont AS, Tubbs RS. Ulnar nerve subluxation and dislocation: a review of the literature. *Neurosurg Rev.* 2021 Apr;44(2):793–798. doi: 10.1007/s10143-020-01286-3.
 35. Becciolini M, Pivec C, Raspanti A, Riegler G. Ultrasound of the Ulnar Nerve: A Pictorial Review: Part 2: Pathological Ultrasound Findings. *J Ultrasound Med.* 2024 Jun;43(6):1153–1173. doi: 10.1002/jum.16442.
 36. Maslow JI, Johnson DJ, Block JJ et al. Prevalence and Clinical Manifestations of the Anconeus Epitrochlearis and Cubital Tunnel Syndrome. *Hand (N Y).* 2020 Jan;15(1):69–74. doi: 10.1177/1558944718789412.
 37. Gervasio O, Zaccone C. Surgical approach to ulnar nerve compression at the elbow caused by the epitrochleoanconeus muscle and a prominent medial head of the triceps. *Neurosurgery.* 2008 Mar;62(3 Suppl 1):186–92; discussion 192–3. doi: 10.1227/01.neu.00000317392.29551.a.
 38. Gruener JS, Paulsen F, Barth AA, Horch RE. Anconeus epitrochlearis muscle (epitrochleoanconeus muscle; Musculus epitrochleoanconeus) with cubital tunnel syndrome – a rare but relevant clinical entity. *Ann Anat.* 2023 Oct;250:152152. doi: 10.1016/j.aanat.2023.152152.
 39. Erdem Bagatur A, Yalcin MB et al. Anconeus Epitrochlearis Muscle Causing Ulnar Neuropathy at the Elbow: Clinical and Neurophysiological Differential Diagnosis. *Orthopedics.* 2016 Sep 1;39(5):e988–91. doi: 10.3928/01477447-20160623-11.
 40. Suwannakhan A, Chaiyamoorn A, Yamine K et al. The prevalence of anconeus epitrochlearis muscle and Osborne's ligament in cubital tunnel syndrome patients and healthy individuals: An anatomical study with meta-analysis. *Surgeon.* 2021 Feb 4;S1479-666X(21)00016-0. doi: 10.1016/j.surge.2020.12.006.
 41. Wilson TJ, Tubbs RS, Yang LJ. The anconeus epitrochlearis muscle may protect against the development of cubital tunnel syndrome: a preliminary study. *J Neurosurg.* 2016 Dec;125(6):1533–1538. doi: 10.3171/2015.10.JNS151668.
 42. Chirokikh AA, Carroll TJ, Hoffman S, Speech D, Jones CMC, Ketonis C. Where Does Ultrasound Fit in the Diagnostic Algorithm for Cubital Tunnel Syndrome? *Hand (N Y).* 2025 Jan;20(1):87–91. doi: 10.1177/15589447231200645.
 43. Podnar S, Omejec G, Bodor M. Nerve conduction velocity and cross-sectional area in ulnar neuropathy at the elbow. *Muscle Nerve.* 2017 Dec;56(6):E65–E72. doi: 10.1002/mus.25655.
 44. Малецкий Э.Ю., Александров Н.Ю., Короткевич М.М., Ицкович И.Э. Сопоставление данных ультразвукового и электрофизиологического исследований при невропатии локтевого нерва в области локтя. Ультразвуковая и функциональная диагностика – 2015. – № 6 – С. 66–76
 45. Maletskiy E.Yu., Alexandrov N.Yu., Korotkevich M.M., Itskovich I.E. Comparative analysis of ultrasound and electrophysiological examination in ulnar neuropathy at the elbow. *Ultrasound and Functional Diagnostics.* 2015;6:66–76 (in Russ.).
 45. Aloji NF, Hyzny R, Fowler JR. Ultrasound Measurements of the Ulnar Nerve at the Medial Epicondyle Correlate With Electrodiagnostic Studies. *Hand (N Y).* 2025 Oct;20(7):1064–1070. doi: 10.1177/15589447241259805.

Статья поступила / Received 03.03.2026
 Получена после рецензирования / Revised 10.03.2025
 Принята в печать / Accepted 10.03.2026

Информация об авторах

Фадеева Юлия Викторовна¹ – к.м.н., доцент кафедры клинической физиологии и функциональной диагностики, врач функциональной диагностики
 E-mail: jvdav@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7345-2388>

Тимонин Андрей Николаевич^{2,3} – к.б.н., научный сотрудник лаборатории иммунологии, высококвалифицированный научный сотрудник
 E-mail: andrey8407@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6087-6918>

Носенко Наталья Сергеевна⁴ – к.м.н., доцент кафедры рентгенологии и ультразвуковой диагностики, руководитель центра ультразвуковых и функциональных методов исследования
 E-mail: nataly1679@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7071-3741>

Синкин Михаил Владимирович⁴ – д.м.н., доцент, ведущий научный сотрудник отделения неотложной нейрохирургии
 E-mail: sinkinmv@sklif.mos.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5026-0060>

¹ ФГБУ «Федеральный научно-клинический центр специализированных видов медицинской помощи и медицинских технологий ФМБА России», Академия постдипломного образования ФГБУ ФНЦК ФМБА России, г. Москва, Россия
² ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии», г. Москва, Россия
³ Физический институт РАН (ФИАН), г. Москва, Россия
⁴ ФБУЗ «Научно-исследовательский институт скорой помощи им. Н.В. Склифосовского ДЗМ», г. Москва, Россия

Контактная информация:

Фадеева Юлия Викторовна. E-mail: jvdav@mail.ru

Для цитирования: Фадеева Ю.В., Тимонин А.Н., Носенко Н.С., Синкин М.В. Сравнительный анализ результатов ультразвукового и электрофизиологического исследований при легкой степени невропатии локтевого нерва на уровне локтя. Медицинский алфавит. 2026;(6):21–27. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2026-6-21-27>

Author information

Fadeeva Yulia V.¹ – Ph.D., Associate Professor of the Department of Clinical Physiology and Functional Diagnostics
 E-mail: jvdav@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7345-2388>

Timonin Andrei N.^{2,3} – Ph.D., Researcher of the Laboratory of Immunology
 E-mail: andrey8407@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6087-6918>

Nosenko Natalia S.¹ – Ph.D., Associate Professor of the Department of Radiology and Ultrasound Diagnostics, Head of the Department of Functional and Ultrasound Diagnostics
 E-mail: nataly1679@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7071-3741>

Sinkin Mikhail V.⁴ – Dr. Sci. (Med.), Head, Clinical neurophysiology laboratory, Emergency neurosurgery department
 E-mail: sinkinmv@sklif.mos.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5026-0060>

¹ Federal Scientific and Clinical Center for Specialized Medical Assistance and Medical Technologies of the Federal Medical Biological Agency, Department of Clinical Physiology and Functional Diagnostics of the Academy of Postgraduate Education, Moscow, Russia
² Federal Research Centre of Nutrition, Biotechnology and Food Safety, Moscow, Russia
³ Lebedev Physical Institute, Moscow, Russia
⁴ N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine, Moscow, Russia

Contact information

Fadeeva Yulia V. E-mail: jvdav@mail.ru

For citation: Fadeeva Y.V., Timonin A.N., Nosenko N.S., Sinkin M.V. Comparative analysis of ultrasound and electrophysiological studies in mild ulnar neuropathy at the elbow. *Medical alphabet.* 2026;(6):21–27. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2026-6-21-27>

Клинический случай первичной диагностики четырехстворчатого аортального клапана в практике врача функциональной диагностики

Д.Л. Долинная¹, А.Р. Тагирова^{1,2}, А.В. Степанов^{1,2}, С.В. Долинный³, В.С. Беднова¹, Е.С. Жаркова¹, Н.Ф. Берестень², С.Б. Ткаченко²

¹ ФГКУЗ «Главный военный клинический госпиталь войск национальной гвардии Российской Федерации», г. Балашиха, Россия

² ФГБОУДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования Министерства здравоохранения Российской Федерации», г. Москва, Россия

³ Общество с ограниченной ответственностью «МЕДАЭРО-СЕРВИС», г. Москва, Россия

РЕЗЮМЕ

Четырехстворчатый клапан аорты (ЧКА) – редкая врожденная аномалия сердца, которая может длительно протекать бессимптомно. Современные методы неинвазивной визуализации существенно смещают сроки диагностики и позволяют выявлять таких пациентов в более ранние сроки и адекватно их наблюдать.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: четырехстворчатый клапан аорты, врожденная аномалия сердца, аортальная регургитация.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

A clinical case of primary diagnosis of the quadricuspid aortic valve in the practice of a functional diagnostic physician

D.L. Dolinnaya¹, A.R. Tagirova^{1,2}, A.V. Stepanov^{1,2}, S.V. Dolinnyi³, V.S. Bednova¹, E.S. Zharkova¹, N.F. Beresten², S.B. Tkachenko²

¹ FGKUZ «Main Military Clinical Hospital of the National Guard Troops of the Russian Federation», Balashikha, Russia

² FSBEI DPO «Russian Medical Academy of Continuing Professional Education of the Ministry of Health of the Russian Federation», Moscow, Russia

³ MEDAERO-SERVICE LLC, г. Москва, Россия

SUMMARY

The quadricuspid aortic valve (QAV) is a rare congenital heart anomaly that can remain asymptomatic for a long time. Modern non-invasive imaging methods significantly shift the timing of diagnosis and allow for the identification of such patients at earlier stages and their adequate monitoring.

KEYWORDS: quadricuspid aortic valve, congenital heart anomaly, aortic regurgitation.

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

Аортальный клапан может иметь от 1 до 5 створок различных размеров. Термин «створка аортального клапана» по Международной анатомической номенклатуре – *valvula semilunaris valvae aortae* или «полулунная заслонка клапана аорты».

Четырехстворчатый клапан аорты (ЧКА) – врожденная аномалия сердца. Леонардо да Винчи более 500 лет назад нарисовал ЧКА (рис. 1).

Ранее данные о ЧКА основывались на результатах секционных исследований. Первый случай четырехстворчатого аортального клапана был описан в 1862 году Балингтоном при аутопсии. Впервые эхокардиографически ЧКА диагностирован в 1984 г. Современные методы неинвазивной визуализации, такие как трансторакальная эхокардиография (ТТЭхоКГ) и чреспищеводная эхокардиография (ЧПЭхоКГ), способствуют росту числа публикаций по проблеме ЧКА. Но все же ЧКА остается редкой патологией, встречается примерно у 0,01% населения (для сравнения,

распространение в популяции одностворчатого аортального клапана – 0,019%, двустворчатого аортального клапана – 1–3%, пятистворчатого аортального клапана – всего зарегистрировано менее 10 случаев (по данным на 2023 год). Причины возникновения ЧКА неизвестны. В период эмбрионального развития полулунные створки клапанов аорты и легочной артерии возникают из валиков мезенхимы, появляющихся сразу после разделения первичного артериального ствола на аорту и легочную артерию. ЧКА может быть как изолированной аномалией, так и сочетаться с другими врожденными и приобретенными пороками (по данным литературы, в 18% случаев) и чаще всего сочетается с аномалиями коронарных артерий. ЧКА является фактором риска развития инфекционного эндокардита, который осложняет течение порока. Функционально аномалия развития аортального клапана проявляется аортальным стенозом, недостаточностью или их комбинацией. Регургитация на клапане развивается в результате фиброзного утол-

щения створок, их неполной коаптации. Соотношение между площадью поверхности створки и линией прикрепления при ЧКА увеличивается, возникает асимметричная гемодинамическая нагрузка на клапан с удлиненной линией коаптации створок, ухудшающих их смыкание, отклоняющееся от оптимального соотношения, которое наблюдается в трехстворчатой структуре клапана. Гемодинамические нарушения могут прогрессировать и приводить к тяжелой аортальной регургитации, требующей замены клапана на биопротез [1]. Длительное бессимптомное течение заболевания часто приводит к поздней диагностике данной патологии.

Доступность и широкий охват населения эхокардиографией способствуют увеличению частоты выявления клапанной патологии. ТТЭхоКГ позволяет увидеть все 4 створки и оценить их относительный размер. В плане диагностики и формировании представлений о ЧКА значение ТТЭхоКГ трудно переоценить. Оптимальной для верификации ЧКА считается проекция короткой оси, позволяющая визуализировать четыре створки клапана в систолу и в диастолу. В конечную диастолу вместо обычной формы Y створки аортального клапана по комиссурам создают конфигурацию X в виде «четырёхлистника клевера» [6]. Из-за ограниченных возможностей ТТЭхоКГ (при «плохом окне» или сомнительной визуализации створок) неудивительно, что до сих пор в ряде случаев аномалия является случайной интраоперационной находкой или выявляется на вскрытии [1, 5]. Наиболее достоверна верификация ЧКА при использовании ЧПЭхоКГ. Этот метод позволяет получить изображение более высокого качества и рассматривается как стандартный высокоточный метод диагностики ЧКА.

При ЧКА клапан аорты включает четыре заслонки (створки), разделенные четырьмя комиссурами и в зависимости от размеров створок различают семь анатомических типов ЧКА (согласно L. Hurwitz и W. Roberts) (рис. 2) [2]:

- 1 тип А – 4 равные заслонки;
- 2 тип В – 3 равные большие заслонки и одна малая;
- 3 тип С – 2 равные большие и 2 равные малые заслонки;
- 4 тип D – 1 большая, 2 средние равные и одна малая заслонка;
- 5 тип E – 3 равные малые и 1 большая заслонка;
- 6 тип F – 2 равные большие и 2 неравные малые заслонки;
- 7 тип G – 4 неравные заслонки.

Описан еще один тип ЧКА (Y. Vali и соавторы) [7]:

8 тип H – 2 равные малые и 2 неравные большие заслонки.

По мнению большинства авторов, типы А, В и С являются наиболее частыми.

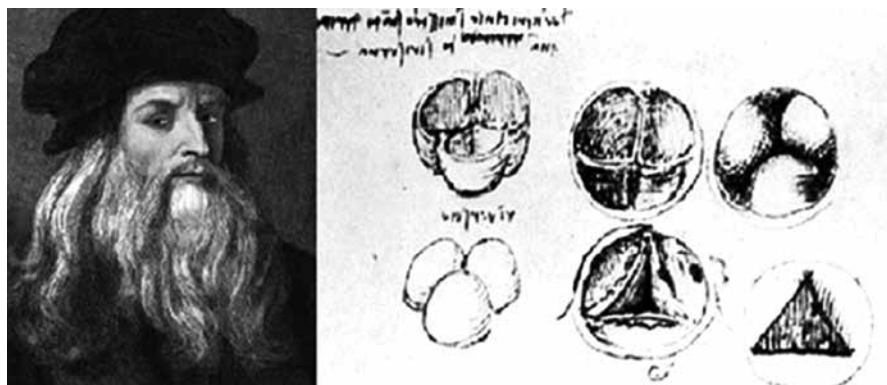


Рисунок 1. Портрет Леонардо да Винчи и его анатомический рисунок аортального клапана

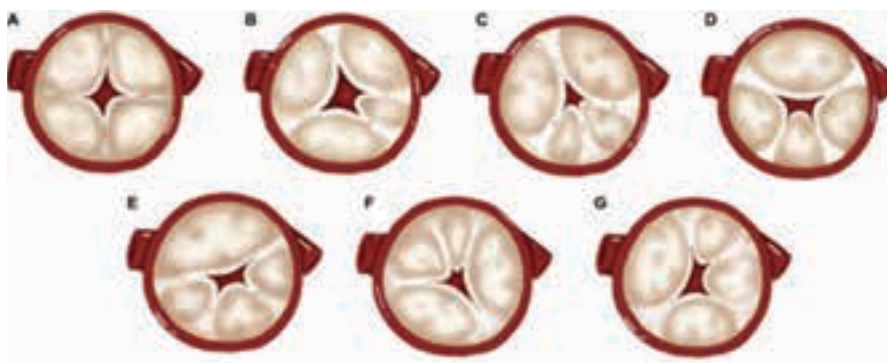


Рисунок 2. Типы ЧКА по классификации Hurwitz

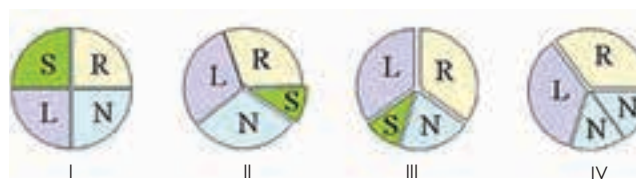


Рисунок 3. Типы ЧКА по классификации Nakamura: S – дополнительная створка, R – правая коронарная створка, N – некоронарная створка, L – левая коронарная створка

Определяют также 4 типа ЧКА (согласно Y. Nakamura), пронумерованные от I до IV, в зависимости от положения дополнительной створки относительно основных (рис. 3):

- тип I – дополнительная створка между левой и правой коронарными створками;
- тип II – дополнительная створка между правой коронарной и некоронарной створками;
- тип III – дополнительная створка между левой коронарной и некоронарной створками;
- тип IV – дополнительная створка неразличима из-за двух меньших некоронарных створок одинакового размера.

Тип I встречается чаще, чем остальные. Полной корреляции между вариантами строения ЧКА и степенью нарушения кровообращения нет.

Первый клинический пример первичного выявления ЧКА

Пациент Н., 20 лет, рядовой срочной службы направлен в октябре 2025 года в кабинет ультразвуковых исследований сердца и сосудов отделения функциональной

диагностики Главного военного клинического госпиталя войск национальной гвардии Российской Федерации (ГВКГ ВНГ РФ). Обследуемый предъявлял жалобы на предобморочные состояния (головокружение, слабость) во время статической нагрузки (длительное нахождение в вертикальном положении – стояние в строю), покалывание в области сердца, отечность голеней, усиливающуюся в вечернее время. При осмотре артериальное давление 130/80 мм рт. ст., частота сердечных сокращений 78 ударов в минуту. Границы относительной сердечной тупости нормальные, тоны сердца звучные, ритмичные, шумы сердца не выслушиваются. На ЭКГ – синусовая дыхательная аритмия, средняя ЧСС 60 в минуту, вертикальное положение электрической оси сердца, угол альфа +78°, нарушение проводимости по правой ножке пучка Гиса.

Рентгенография органов грудной клетки без патологии.

Результаты обследования представлены в виде иллюстраций: ТТЭхоКГ (рис. 4–7).

Ранее пациенту Н. ТТЭхоКГ не выполнялась. При проведении ТТЭхоКГ выявлено наличие четырех створок аортального клапана, четырех комиссур, четырех синусов, наличие аортальной регургитации первой степени. ЧКА у данного пациента: 1 тип А по Hurwitz (4 равные заслонки) и I тип по Nakamura (дополнительная створка между левой и правой коронарными створками), наиболее часто встречаемый тип.

На рис. 4. ТТЭхоКГ-картина ЧКА в систолу у пациента Н. больше напоминает О-образное открытие, подобно открытому двустворчатому аортальному клапану,



Рисунок 4. ТТЭхоКГ пациента Н. Четыре створки аортального клапана в систолу

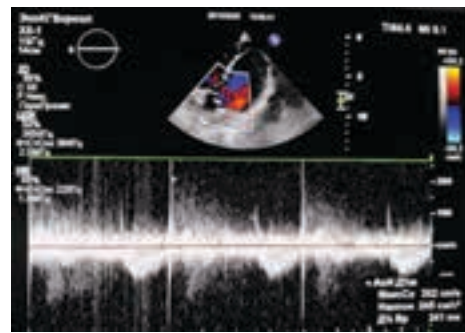


Рисунок 7. ТТЭхоКГ и режим постоянно-волновой доплерографии. Расчет времени полуспада градиента давления потока аортальной регургитации (пациент Н.)



Рисунок 5. ТТЭхоКГ пациента Н. ЧКА в диастолу: 1 – правая коронарная створка, 2 – дополнительная створка, 3 – левая коронарная створка, 4 – некоронарная створка



Рисунок 8. ЧПЭхоКГ пациента Н. ЧКА в фазу изоволюмического сокращения: 1 – левая коронарная створка, 2 – дополнительная створка, 3 – правая коронарная створка, 4 – некоронарная створка



Рисунок 6. ТТЭхоКГ пациента Н. Визуализация четырех синусов клапана аорты в диастолу



Рисунок 9. ЧПЭхоКГ пациента Н. ЧКА в диастолу: 1 – левая коронарная створка, 2 – дополнительная створка, 3 – правая коронарная створка, 4 – некоронарная створка

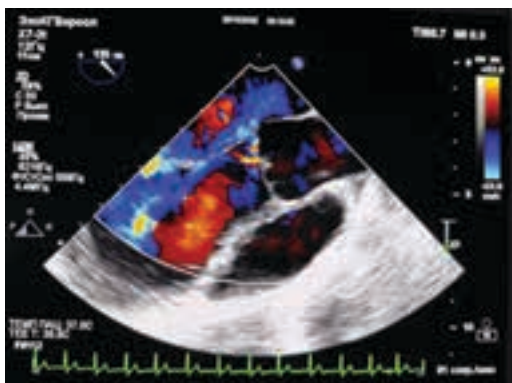


Рисунок 10. ЧПЭхоКГ, режим ЦДК. Поток аортальной регургитации 1 степени (пациент Н.)



Рисунок 11. ЭКГпациента Н.

но в диастолу (рис. 5) отмечается характерная конфигурация X.

Пациент Н. был госпитализирован в кардиологическое отделение ГВКГ ВНГ РФ для дальнейшего обследования и выбора тактики лечения, представлены данные ЧПЭхоКГ (рис. 8–10), ЭКГ (рис. 11) и ХМ (рис. 12).

После проведения ЧПЭхоКГ очевидно, что ЧКА соответствует 4 типу D по Hurwitz – 1 большая, 2 средние равные и одна малая заслонка.

На ЭКГ: синусовая дыхательная аритмия (ЧСС 45–75 в минуту), вертикальное положение электрической оси сердца.

Результат холтеровского мониторирования: синусовая аритмия с ЧСС 43–163 в минуту, единичная предсердная (9 за сутки – 0,01%) и единичная желудочковая (1 за сутки – 0,00%) экстрасистолия, усиленный циркадный профиль ЧСС.

В ходе стационарного обследования пациент Н. консультирован кардиохирургом, в результате, было принято решение не проводить хирургическое лечение. Пациенту Н. рекомендовано консервативное лечение с соблюдением рекомендаций по коррекции образа жизни, указаны сроки проведения контрольных исследований и последующих плановых консультаций. Также в соответствии с Постановлением Правительства РФ от 04.07.2013 № 565 (ред. от 29.08.2025) «Об утверждении Положения о военно-врачебной экспертизы» пациент Н. будет освидетельствован военно-врачебной комиссией.

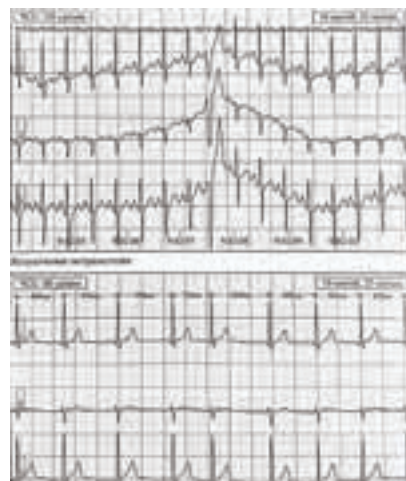


Рисунок 12. Фрагмент холтеровского мониторирования у пациента Н.

Второй клинический пример первичного выявления ЧКА

Пациентка К., 22 лет, жалоб не предъявляла. Проведено плановое ТТЭхоКГ-исследование в связи с возросшими физическими нагрузками. В результате – выявлен ЧКА без нарушения функции (рис. 13 и 14). При ТТЭхоКГ в парастернальной позиции по короткой оси визуализируются 4 створки аортального клапана: 4 равные заслонки (тип А по классификации Hurwitz). Скоростные показатели кро-



Рисунок 13. ТТЭхоКГ пациентки К. ЧКА в диастолу: 1 - дополнительная створка, 2 - правая коронарная створка, 3 - левая коронарная створка, 4 - некоронарная створка



Рисунок 14. ТТЭхоКГ пациентки К. ЧКА в систолу: 1 - дополнительная створка, 2 - правая коронарная створка, 3 - левая коронарная створка, 4 - некоронарная створка

вотка на уровне аортального клапана в пределах нормы, аортальная регургитация не определяется. Камеры сердца не расширены. Сократительная функция левого желудочка не нарушена.

ТТЭхоКГ-картина ЧКА у пациентки К. в диастолу имеет характерную X-образную, конфигурацию, в систолу имеет форму неправильного ромба.

Заключение

- Четырехстворчатый аортальный клапан – редкая врожденная аномалия сердца, которая может протекать как бессимптомно, так и проявляться клинически в виде кардиалгий и синкопальных состояний.
- ТТЭхоКГ – простой и доступный метод первичной диагностики четырехстворчатого аортального клапана. Ранняя ЭхоКГ-диагностика и контроль при структурных аномалиях сердца позволит предупредить дальнейшее развитие клапанной патологии и ее осложнений.
- ЧПЭхоКГ – является методом выбора в спорных диа-

гностических случаях, и в частности, при выявлении четырехстворчатого аортального клапана.

Список литературы / References

1. Бершвили И. И., Скопин И. И. Четырехстворчатый клапан аорты: анатомия, эмбриогенез, клиника, диагностика, лечение (метаанализ). *Биометень НЦССХ им. А. Н. Бакулева РАМН*, том 13, № 2, 2012. С. 32–48. УДК 616.126.42-007.2-07. Berishvili I.I., Skopin I.I. Four-leaf aortic valve: anatomy, embryogenesis, clinic, diagnostics, treatment (meta-analysis). *Bulletin of the A.N. Bakulev National Center for Cardiovascular Surgery of the Russian Academy of Medical Sciences*, vol. 13, no. 2, 2012, pp. 32–48. UDC 616.126.42-007.2-07.
2. Hurwitz L. E. Quadricuspid semilunar valve / L. E. Hurwitz, W. C. Roberts // *Am. J. Cardiol.* – Vol. 31. – P. 623–626.
3. Leonardo da Vinci. *Anatomical drawings from the Royal Collection*. London: Royal Academy of Arts, 1977;(8):159, illus. <https://doi.org/10.1017/s0025727300033731>.
4. Liu Y, Zhai M, Mao Y, Xu C, Ma Y, Li L, Jin P and Yang J (2022) Transcatheter aortic valve replacement in patients with quadricuspid aortic valve in a single center. *Front. Cardiovasc. Med.* 9:1011466. doi: 10.3389/fcvm.2022.1011466.
5. Sekine, Y. Aortic valve replacement for quadricuspid aortic valve complicated with idiopathic thrombocytopenic purpura; report of a case / Y. Sekine, T. Kusuhara, K. Ann et al. // *Kyobu Geka Jap. J. Cardiovasc. Surg.* – 2011. – Vol. 64, № 2. – P. 154–157.
6. Tang, Y. F. Congenital quadricuspid aortic valve: analysis of 11 surgical cases / Y. F. Tang, J. B. Xu, L. Han et al. // *Chin. Med. J.* – 2011. – Vol. 124, № 17. – P. 2779–2781.
7. Vaili Y. A previously undescribed type of quadricuspid aortic valve: type H / Y. Vaili, R. Rajendra, S. Nishar // *J. Heart Valve Dis.* – 2010. – Vol. 19. – P. 792–793.
8. Yuan S-M. Quadricuspid aortic valve: a comprehensive review. *Braz J Cardiovasc Surg.* 2016;31(6):454–60. doi: 10.5935/1678-9741.20160090.

Статья поступила / Received 03.03.2026
Получена после рецензирования / Revised 10.03.2026
Принята в печать / Accepted 10.03.2026

Информация об авторах

Долинная Дарья Львовна¹ – врач функциональной диагностики кабинета ультразвуковых исследований сердца и сосудов отделения функциональной диагностики
E-mail: doli-darya@yandex.ru. ORCID 0009-0008-3655-9742. eLibrary SPIN 2216-9580
Тагирова Альфия Ринатовна^{1,2} – к.м.н., начальник отделения функциональной диагностики, доцент кафедры клинической физиологии и функциональной диагностики
E-mail: tagal78@mail.ru. ORCID 0009-0006-6365-2358. eLibrary SPIN 8728-9722
Степанов Александр Владимирович^{1,2} – врач функциональной диагностики, старший преподаватель кафедры клинической физиологии и функциональной диагностики
E-mail: podoroznik@mail.ru. ORCID 0009-0005-5192-1314. eLibrary SPIN 1270-5470
Долинный Сергей Владимирович³ – к.м.н., врач анестезиолог-реаниматолог
E-mail: Sdolinniy.ru@yandex.ru. ORCID 0000-0002-0690-2174. eLibrary SPIN 7832-4832
Беднова Виктория Сергеевна¹ – начальник кабинета ультразвуковых исследований периферических сосудов отделения функциональной диагностики
E-mail: vik_2008@inbox.ru. ORCID 0009-0006-6519-1962. eLibrary SPIN 7530-8098
Жаркова Елена Сергеевна¹ – начальник кабинета ультразвуковых исследований сердца и сосудов отделения функциональной диагностики
E-mail: solnishco.74@mail.ru
Берестень Наталья Федоровна² – д.м.н., профессор кафедры клинической физиологии и функциональной диагностики
E-mail: nberesten@yandex.ru. ORCID 0000-0003-3583-6839
Ткаченко Сергей Борисович² – д.м.н., профессор, член-корр. РАН, заведующий кафедрой клинической физиологии и функциональной диагностики
E-mail: 4200@yandex.ru. ORCID 0000-0003-3417-5530

¹ ФГКУЗ «Главный военный клинический госпиталь войск национальной гвардии Российской Федерации», г. Балашиха, Россия
² ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования Министерства здравоохранения Российской Федерации», г. Москва, Россия
³ Общество с ограниченной ответственностью «МЕДАЭРО-СЕРВИС», г. Москва, Россия

Контактная информация:

Долинная Дарья Львовна. E-mail: doli-darya@yandex.ru

Для цитирования: Долинная Д.А., Тагирова А.Р., Степанов А.В., Долинный С.В., Беднова В.С., Жаркова Е.С., Берестень Н.Ф., Ткаченко С.Б. Клинический случай первичной диагностики четырехстворчатого аортального клапана в практике врача функциональной диагностики. *Медицинский алфавит*. 2026;(6):28–32. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2026-6-28-32>

Author information

Dolinnaya Darya Lvovna¹ – a physician in functional diagnostics at the ultrasound examination office of the heart and blood vessels of the Department of functional diagnostics
E-mail: doli-darya@yandex.ru. ORCID 0009-0008-3655-9742. eLibrary SPIN 2216-9580
Tagirova Alfya Rinatovna^{1,2} – candidate of Medical Sciences, Head of the Functional Diagnostics Department, Associate Professor of the Department of Clinical Physiology and Functional Diagnostics
E-mail: tagal78@mail.ru. ORCID 0009-0006-6365-2358. eLibrary SPIN 8728-9722
Stepanov Alexander Vladimirovich^{1,2} – a physician of functional diagnostics, senior lecturer at the Department of Clinical Physiology and Functional Diagnostics
E-mail: podoroznik@mail.ru. ORCID 0009-0005-5192-1314. eLibrary SPIN 1270-5470
Dolinniy Sergei Vladimirovich³ – Ph.D. of Sciences, Anesthesiologist-Resuscitator
E-mail: Sdolinniy.ru@yandex.ru. ORCID 0000-0002-0690-2174. eLibrary SPIN 7832-4832
Bednova Viktoria Sergeevna¹ – head of the office of ultrasound examinations of peripheral vessels of the Department of functional diagnostics
E-mail: vik_2008@inbox.ru. ORCID 0009-0006-6519-1962. eLibrary SPIN 7530-8098
Zharkova Elena Sergeevna¹ – head of the office of ultrasound examinations of heart and peripheral vessels
E-mail: solnishco.74@mail.ru
Beresten Natalya Fedorovna² – Doctor of Medical Sciences, Professor of the Department of Clinical Physiology and Functional Diagnostics
E-mail: nberesten@yandex.ru. ORCID 0000-0003-3583-6839
Tkachenko Sergey Borisovich² – Doctor of Medical Sciences, Professor, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Head of the Department of Clinical Physiology and Functional Diagnostics
E-mail: 4200@yandex.ru. ORCID 0000-0003-3417-5530

¹ FGKUZ «Main Military Clinical Hospital of the National Guard Troops of the Russian Federation», Balashikha, Russia
² FSBEI DPO «Russian Medical Academy of Continuing Professional Education of the Ministry of Health of the Russian Federation», Moscow, Russia
³ MEDAERO-SERVICE LLC, г. Москва, Россия

Contact information

Dolinnaya Darya Lvovna. E-mail: doli-darya@yandex.ru

For citation: Dolinnaya D.L., Tagirova A.R., Stepanov A.V., Dolinniy S.V., Bednova V.S., Zharkova E.S., Beresten N.F., Tkachenko S.B. A clinical case of primary diagnosis of the quadricuspid aortic valve in the practice of a functional diagnostic physician. *Medical alphabet*. 2026;(6):28–32. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2026-6-28-32>



Моделирование для выявления пациентов с риском сочетания бронхиальной астмы и хронической обструктивной болезни легких

А.Ю. Смирнова, В.В. Гноевых, Н.Г. Чернова

ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный университет», г. Ульяновск, Россия

РЕЗЮМЕ

Согласно российским клиническим рекомендациям по ХОБЛ (2024), у 101 больного бронхиальной астмой (БА) проведена диагностика возможного сочетания БА и ХОБЛ, которое выявили у 32,7% больных. Затем были сопоставлены основные клинико-функциональные характеристики у больных БА без сочетания с ХОБЛ (группа БА) и у пациентов с сочетанием обсуждаемых заболеваний (группа БА+ХОБЛ). На фоне повышенного индекса курения (ИК) в группе БА+ХОБЛ чаще отмечалось тяжелое течение БА с более выраженной бронхиальной обструкцией и сниженным уровнем оксигенации крови (SpO_2). По результатам теста с 6-минутной ходьбой (6МВТ) в группе БА+ХОБЛ было выявлено более выраженное нарушение физической работоспособности на фоне значительного снижения основных характеристик оксигенации крови до, во время и после 6МВТ в сочетании с большими уровнями десатурационно-дистанционного отношения (DDR) и потребности в дополнительном потоке O_2 во время физической нагрузки (O_2 -GAP индекс). В потенциальную регрессионную модель были включены: возраст, фактор наличия тяжелого течения БА, фактор отсутствия полного контроля БА по GINA, величина DDR, динамика диспноэ в результате 6МВТ, средняя оксигенация крови после 6МВТ, ОФВ₁, ФЖЕЛ и ИК. В итоговую модель для уточненного определения вероятности сочетания БА с ХОБЛ вошли три независимых фактора: DDR, ОФВ₁ и ИК. Разработанная бинарная логистическая регрессионная модель имеет характеристики: AUC=0,88; 95% ДИ: 0,80–0,97, $p<0,001$. Чувствительность модели – 75,0%, специфичность – 90,6%. Сочетание БА и ХОБЛ в выборке обследованных больных БА было высоко вероятным при значении диагностического порога модели $\geq 0,481$.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: бронхиальная астма и хроническая обструктивная болезнь легких, бинарное логистическое моделирование, независимые факторы сочетания бронхиальной астмы и хронической обструктивной болезни легких.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Modeling to identify patients with risk of bronchial asthma and chronic obstructive pulmonary disease overlap

A.Yu. Smirnova, V.V. Gnoevykh, N.G. Chernova

Ulyanovsk State University, Ulyanovsk, Russia

SUMMARY

According to Russian clinical COPD guidelines (2024), 101 bronchial asthma (BA) patients were diagnosed with a possible BA and COPD overlap (32.7%). The main clinical and functional characteristics were compared in patients with BA without (BA group) and with COPD overlap (BA+COPD group). Against the background of a higher rate of pack-years indicator, severe asthma with more pronounced bronchial obstruction and reduced SpO_2 levels was more common in BA+COPD group. According to the results of 6MWT in BA+COPD group, we revealed a more pronounced impairment of physical performance against the background of a more significant decrease in all main characteristics of blood oxygenation before, during and after 6MWT combined with high levels of desaturation-distance ratio (DDR) and the need for additional O_2 flow during physical activity (O_2 -GAP index). The potential diagnostic regression model included: age, the factor of the severe asthma presence, the factor of the lack of complete control of bronchial asthma according to GINA, the DDR value, the dynamics of dyspnea as a result of 6MWT, average blood oxygenation after 6MWT, FEV₁, FVC and pack-years indicator. Three independent factors were included in the final model to accurately determine the probability of a combination of bronchial asthma and COPD: DDR, FEV₁, and pack-years indicator. The developed model has characteristics: AUC=0,88 ($p<0,001$), the sensitivity is 75.0%, specificity is 90.6%. The BA and COPD overlap was highly probable with the diagnostic threshold of the model $\geq 0,481$.

KEYWORDS: Bronchial asthma and chronic obstructive pulmonary disease, binary logistic modeling, independent factors of bronchial asthma and chronic obstructive pulmonary disease overlap.

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

Бронхиальная астма (БА) и хроническая обструктивная болезнь легких (ХОБЛ) – это две независимые нозологические единицы, однако возможно их сочетание, представляющее собой сложную терапевтическую и пульмонологическую проблему [1–4]. По данным ряда авторов, распространенность сочетания БА и ХОБЛ колеблется от 0,9 до 11,1% в общей популяции, от 11,1 до 61,0% у пациентов с бронхиальной астмой и от 4,2 до 66,0% у пациентов с ХОБЛ [4, 5].

В рекомендациях экспертов GINA отмечено, что для сочетания БА и ХОБЛ характерно персистирующее ограничение воздушного потока и наличие симптомов, характерных как для одного, так и для другого заболевания [6–7].

Известно несколько диагностических подходов для выявления сочетания БА и ХОБЛ.

1. Согласно согласительному документу Испанского общества пульмонологов и торакальных хирургов для диагностики «смешанного фенотипа ХОБЛ-БА» не-

обходимо выявить 2 основных или 1 основной и 2 дополнительных критерия. К числу основных критериев отнесли: явно положительный результат оценки реакции на бронхорасширяющее средство (увеличение $ОФВ_1 \geq 15\%$ и ≥ 400 мл по сравнению с исходным значением), эозинофилия мокроты и наличие БА в анамнезе [8]. Второстепенными были признаны следующие критерии: высокий уровень общего IgE, атопия в анамнезе и ≥ 2 случаев положительного результата оценки реакции на бронхорасширяющее средство – увеличение $ОФВ_1 \geq 12\%$ и ≥ 200 мл по сравнению с исходным значением» [8].

2. Другой диагностический подход международных экспертов GINA и GOLD, в версии 2017 года, подразумевал оценку 11 симптомов БА и такого же количества симптомов ХОБЛ [9]. Для диагностики фенотипа БА-ХОБЛ у пациента выявляют хроническое заболевание легких с ограничением скорости воздушного потока, а затем проводят синдромальную идентификацию симптомов БА или ХОБЛ с их количественным подсчетом. В случае выявления ≥ 3 признаков БА или ХОБЛ делается вывод в пользу соответствующего заболевания. При сходном количестве признаков одновременно в пользу БА и в пользу ХОБЛ диагностируют фенотип БА-ХОБЛ (синдром перекреста бронхиальной астмы и ХОБЛ) [9]. Кроме того, применяя указанный способ диагностики сочетания БА и ХОБЛ, учитывают данные спирометрии [9].
3. Ближе всего к предлагаемому нами уточненному способу выявления риска сочетания БА и ХОБЛ оказался диагностический подход для оценки вероятности ХОБЛ у больного бронхиальной астмой, представленный в отечественных клинических рекомендациях по хронической обструктивной болезни легких 2024 года [10].

Согласно данному диагностическому подходу, наличие ХОБЛ у больного БА вероятно при наличии следующих ведущих признаков:

- возраста пациента более 35 лет, с длительным анамнезом одной из болезней;
- более частого присоединения ХОБЛ к БА, чем наоборот;
- длительного воздействия факторов риска ХОБЛ (табакокурение, профессиональные или бытовые вредности);
- прогрессирования дыхательной недостаточности при длительном наблюдении за больными;
- снижения эффективности ингаляционных кортикостероидов;
- снижения переносимости физической нагрузки [10].

К сожалению, в перечисленных подходах отсутствует количественная оценка переносимости физической нагрузки (включая, например, нагрузочно-индуцированную десатурацию гемоглобина по кислороду и уровень десатурационно-дистанционного отношения при проведении теста с 6-минутной ходьбой – 6MWT) и фактора табакокурения. Кроме того, при реализации подхода экспертов GINA и GOLD в некоторых случаях возможно двоякое толкование некоторых симптомов.

Поэтому **целью** нашего исследования стала разработка диагностической модели для уточненного выявления пациентов с повышенным риском сочетания БА и ХОБЛ.

При этом была выбрана направленность патологического процесса от бронхиальной астмы к обсуждаемому сочетанию с учетом перечисленных недостатков известных методов выявления сочетания обсуждаемых заболеваний.

Материал и методы

В стабильном состоянии на фоне общепринятой базисной терапии обследован 101 пациент с БА. Методы обследования включали спирометрию, оценку тяжести и контроля БА по GINA, продолжительности бронхиальной астмы и сочетания БА с ХОБЛ. Диагностику сочетания БА и ХОБЛ проводили согласно российским клиническим рекомендациям по ХОБЛ 2024 года [10].

Кроме того, по рекомендациям Европейского респираторного и Американского торакального обществ (2014), всем пациентам провели тест с 6-минутной ходьбой [11] по общепринятой методике с регистрацией пройденной дистанции, динамики диспноэ (по шкале Борга), артериального давления и частоты сердечных сокращений, а также с оценкой состояния оксигенации крови исходно, во время и после 6MWT с помощью «MIR Spirodoc SpO₂» (Италия). Во время выполнения теста с 6-минутной ходьбой учитывали общепринятые абсолютные и относительные противопоказания [11].

При оценке оксигенации крови проводили поправку на карбоксигемоглобин (СОHb), уровень которого определяли с помощью Анкат 7635 Smokerlyzer (Россия), поскольку двухволновой пульсоксиметр завышает уровень оксигенации крови, воспринимая СОHb в качестве оксигемоглобина [13].

Во время проведения 6MWT «MIR Spirodoc SpO₂» автоматически измерял десатурационно-дистанционное отношение (DDR), а также расчетную потребность пациента в дополнительном потоке O₂ для поддержания SpO₂ на минимально приемлемом уровне $\geq 88\%$ (O₂-GAP индекс) [14]. К десатураторам относили пациентов со снижением оксигенации крови на $\geq 4\%$ ниже 90% уровня SpO₂ во время теста с 6-минутной ходьбой по сравнению со средним значением насыщения гемоглобина кислородом до 6MWT.

Базисную терапию больных БА и пациентов с сочетанием БА+ХОБЛ проводили согласно общепринятым клиническим рекомендациям МЗ РФ по диагностике и лечению БА или БА и ХОБЛ [10, 12].

Статистическую обработку материала проводили с помощью автоматизированной облачной программы StatTech 4.12.2 (Россия).

В зависимости от типа распределения, которое оценивали с помощью критерия Шапиро – Уилка или Колмогорова – Смирнова, количественные показатели представляли в виде среднего значения со стандартным отклонением – M (SD) или в виде медианы с квартилями – Me [квартили]. В первом случае для сравнения групп применяли t-тест, а во втором случае – тест Манна – Уитни или W-критерий Бруннера – Мюнцеля.

Для одномоментного сопоставления трех групп по количественным показателям применяли однофакторный дисперсионный анализ или критерий Краскела – Уоллиса, а для апостериорных сравнений – критерий Тьюки или критерий Данна с поправкой Холма.

Для сравнения категориальных признаков применяли хи-квадрат Пирсона, а для апостериорных сопоставлений – хи-квадрат Пирсона с поправкой Холма.

Достоверными считали различия с вероятностью α -ошибки $< 0,050$

Результаты

Клиническая характеристика пациентов в зависимости от наличия или отсутствия сочетания БА с ХОБЛ представлена в таблице 1.

В группе БА+ХОБЛ преобладали мужчины ($p < 0,001$) с более длительным анамнезом наблюдения и лечения по поводу бронхиальной астмы. Согласно полученным данным, клинико-функциональный статус пациентов с сочетанием БА и ХОБЛ оказался нарушен в большей степе-

ни, чем у больных БА без сочетания с ХОБЛ. В частности, у больных из группы БА+ХОБЛ на фоне значительно более интенсивного и продолжительного табакокурения (по показателю ИК) чаще отмечалось тяжелое течение БА с более выраженной бронхиальной обструкцией и сниженным уровнем оксигенации крови. По результатам 6MWT у пациентов группы БА+ХОБЛ было выявлено более выраженное нарушение физической работоспособности (по регрессии фактически пройденной дистанции) на фоне значительного снижения оксигенации крови до, во время и после 6MWT в сочетании с большими уровнями десатурационно-дистанционного отношения и потребности в дополнительном потоке O_2 во время физической нагрузки.

В потенциальную регрессионную модель были включены: возраст, фактор наличия тяжелого течения бронхиальной астмы, фактор отсутствия полного контроля БА по GINA, величина десатурационно-дистанционного отношения, динамика диспноэ в результате 6MWT, средняя оксигенация крови после 6MWT, ОФВ₁, ФЖЕЛ и индекс курения.

Таблица 1
Клиническая характеристика пациентов

Показатели: Ме [квартили] или М (SD) или n (%)	БА (n=68)	БА+ХОБЛ (n=33)	p
Возраст, лет	51,00 [43,75; 57,50]	60,00 [55,00; 63,00]	0,001
Пол: М/Ж	28 (41,2%) / 40 (58,8%)	28 (84,8%) / 5 (15,2%)	< 0,001
ИМТ, кг/м ²	28,14 [25,02; 31,22]	27,68 [24,69; 29,64]	0,379
Аллергическая астма	41 (60,3%)	24 (72,7%)	0,316
Неаллергическая астма	27 (39,7%)	9 (27,3%)	0,316
Легкая БА	31 (45,6%)	2 (6,1%)	< 0,001
Среднетяжелая БА	15 (22,1%)	6 (18,2%)	0,796
Тяжелая БА	22 (32,4%)	25 (75,8%)	< 0,001
Продолжительность БА с момента выявления, лет	29,00 [25,10; 31,40]	44,41 [40,20; 48,31]	< 0,001
Продолжительность сочетания БА и ХОБЛ с момента выявления, лет	-	15,02 [12,22; 18,11]	-
ОФВ ₁ , % от должного	61,79 (19,59)	41,82 (18,05)	< 0,001
ФЖЕЛ, % от должного	65,00 [55,25; 80,50]	49,00 [42,00; 63,00]	< 0,001
Тяжесть бронхиальной обструкции			
ОФВ ₁ $\geq 80\%$ от должного	11 (16,7%)	2 (6,1%)	0,209
ОФВ ₁ = 50–79% от должного	38 (57,6%)	7 (21,2%)	< 0,001
ОФВ ₁ = 30–49% от должного	15 (22,7%)	14 (42,4%)	0,060
ОФВ ₁ < 30% от должного	2 (3,0%)	10 (30,3%)	< 0,001
Дистанция (6MWT), в % от должной	69,75 [59,85; 79,21]	62,74 [55,96; 74,24]	0,045
DDR, %м ⁻¹	0,30 [0,00; 0,72]	1,10 [0,30; 2,20]	0,001
O ₂ -GAP индекс, л/мин	0,00 [0,00; 0,00]	0,00 [0,00; 0,60]	0,003
Прирост диспноэ, баллы	2,38 (1,62)	3,41 (1,83)	0,005
САД, исходное, мм Hg	120,00 [110,00; 130,00]	125,00 [120,00; 130,00]	0,032
ДАД, исходное, мм Hg	80,00 [70,00; 80,00]	80,00 [70,00; 80,00]	0,497
САД, конечное, мм Hg	127,50 [120,00; 130,00]	130,00 [125,00; 140,00]	0,025
ДАД, конечное, мм Hg	80,00 [80,00; 85,00]	80,00 [75,00; 84,00]	0,544
ЧСС, исходная	81,62 (11,67)	81,37 (12,20)	0,920
ЧСС, конечная	99,71 (15,64)	97,27 (16,73)	0,475
SpO ₂ ср исх, %	95,28 [93,74; 96,36]	93,54 [91,32; 94,60]	< 0,001
SpO ₂ мин (6MWT), %	91,80 [90,22; 93,56]	88,87 [87,20; 90,12]	< 0,001
Динамика SpO ₂ (6MWT), %	-3,00 [-4,10; -2,00]	-4,00 [-6,10; -2,00]	0,055
SpO ₂ ср (6MWT), %	94,59 [93,31; 95,77]	91,96 [90,56; 93,64]	< 0,001
SpO ₂ ср (после 6MWT), %	95,05 (2,32)	93,14 (2,90)	< 0,001
Индекс курения, пачка-лет	0,00 [0,00; 15,00]	30,00 [19,69; 55,88]	< 0,001

ИМТ – индекс массы тела; БА – бронхиальная астма; ХОБЛ – хроническая обструктивная болезнь легких; ОФВ₁ – объем форсированного выдоха за 1 сек; DDR – десатурационно-дистанционное отношение; 6MWT – тест с 6-минутной ходьбой; САД, ДАД – систолическое или диастолическое артериальное давление; ЧСС – число сердечных сокращений; SpO₂ ср, мин – среднее и минимальное насыщение гемоглобина кислородом; спирометрические показатели представлены в сопоставлении с должными величинами согласно рекомендациям Европейского общества угля и стали (1993).

В итоговую модель для уточненного выявления пациентов с повышенным риском сочетания БА с ХОБЛ вошли три независимых фактора: DDR, ОФВ₁ и ИК. Выявленная зависимость описывается уравнениями:

$$P = 1/(1 + e^{-z})$$

$$z = 0,115 + 0,585 \times \text{DDR}, \%_{\text{м}^{-1}} - 0,048 \times \text{ОФВ}_1, \% + 0,047 \times \text{ИК},$$

где DDR – десатурационно-дистанционное отношение, ОФВ₁ – объем форсированного выдоха за 1 сек, ИК – индекс курения.

Разработанная бинарная логистическая регрессионная модель имеет следующие характеристики: AUC=0,88; 95% ДИ: 0,80–0,97, p<0,001. Чувствительность модели – 75,0%,

специфичность – 90,6%, коэффициент R² Найджелкера – 55,4%. Диагностический порог разработанной модели составил ≥0,481.

Ниже представлены связи факторов модели с шансами выявления ХОБЛ у больных бронхиальной астмой (таблица 2), анализ чувствительности и специфичности модели в зависимости от пороговых значений оценок вероятности ХОБЛ у пациентов с БА (рисунок 1) и ROC-кривая, характеризующая дискриминационную способность регрессионной модели для уточненного выявления повышенного риска сочетания БА и ХОБЛ (рисунок 2).

После выявления независимых факторов, определяющих вероятность сочетания БА и ХОБЛ, мы провели сопоставление основных клинико-функциональных характеристик уже у трех групп пациентов, учитывая

Таблица 2
Характеристики связи факторов модели с шансами выявления ХОБЛ

Факторы	Unadjusted		Adjusted	
	COR; 95% ДИ	p	AOR; 95% ДИ	p
DDR, % _{м⁻¹}	1,602; 1,141–2,250	0,006	1,796; 1,064–3,031	0,028
ИК, пачка-лет	1,057; 1,027–1,088	< 0,001	1,048; 1,015–1,081	0,003
ОФВ ₁ , % от должного	0,935; 0,904–0,968	< 0,001	0,953; 0,919–0,989	0,011

DDR – десатурационно-дистанционное отношение; ОФВ₁ – объем форсированного выдоха за 1 с; ИК – индекс курения; COR, AOR – некорректированное и скорректированное отношение шансов.

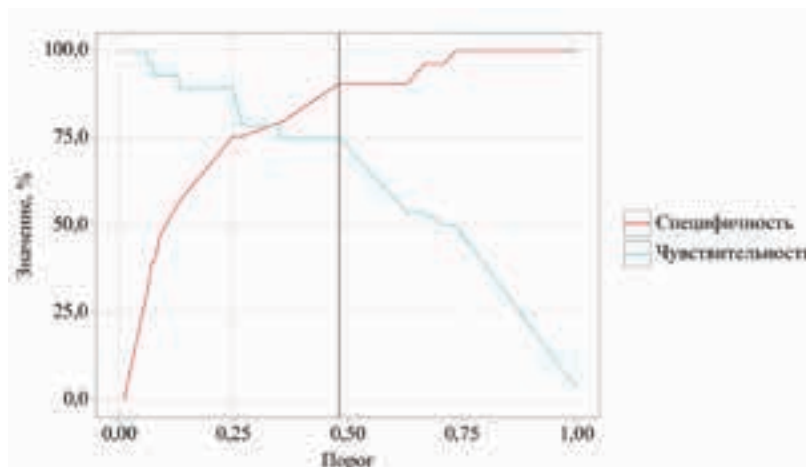


Рисунок 1. Анализ чувствительности и специфичности модели в зависимости от пороговых значений оценок вероятности сочетания БА и ХОБЛ

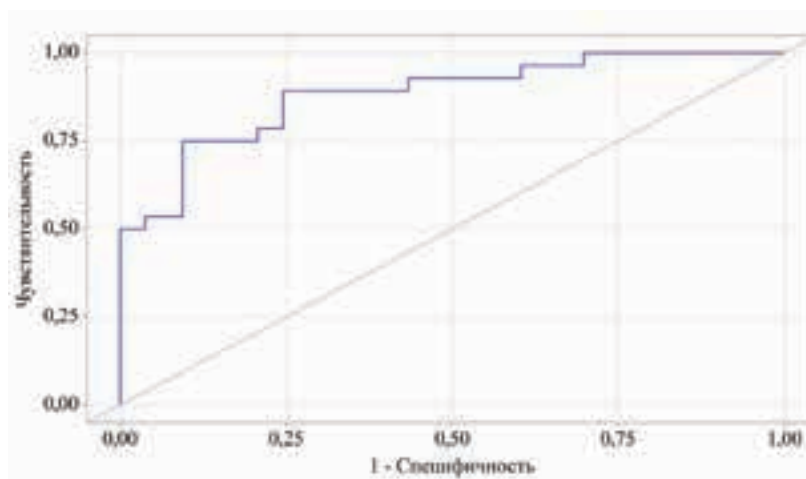


Рисунок 2. ROC-кривая, характеризующая дискриминационную способность регрессионной модели для выявления риска сочетания БА и ХОБЛ

Таблица 3

Результаты сравнительного анализа основных клинико-функциональных характеристик пациентов с бронхиальной астмой в зависимости от нагрузочно-индуцированной десатурации гемоглобина по O_2 отсутствия или наличия сочетания БА и ХОБЛ

Параметры: M (SD) или Me [квартили] или n (%)	Больные БА, «недесатураторы» (группа 1), n=48	Больные БА, «десатураторы» (группа 2), n=20	БА и ХОБЛ, «десатураторы» (группа 3), n=22	p
Возраст, лет	51,50 [44,00; 57,00]	49,50 [41,75; 63,25]	58,00 [53,50; 61,00]	0,106
Полностью контролируемая БА, GINA	29 (55,8%)	4 (25,0%)	3 (16,7%)	0,009 $p_{1-3} = 0,012$
Тяжёлые обострения БА в анамнезе	15 (28,8%)	6 (37,5%)	15 (83,3%)	< 0,001 $p_{1-3} < 0,001$ $p_{2-3} = 0,012$
Тяжёлая БА	16 (30,8%)	6 (37,5%)	14 (77,8%)	0,002 $p_{1-3} = 0,002$ $p_{2-3} = 0,034$
ОФВ ₁ , % от должного	63,10 (19,58)	57,69 (19,67)	38,18 (18,17)	< 0,001 $p_{2-3} = 0,012$ $p_{1-3} < 0,001$
SpO ₂ среднее в покое, %	95,33 [94,37; 96,51]	93,99 [92,21; 95,75]	93,49 [92,62; 95,61]	0,038
SpO ₂ [95–100%] в покое, %	78,00 [21,07; 98,64]	7,11 [0,67; 97,33]	5,75 [0,00; 79,61]	0,023 $p_{1-3} = 0,027$
Дистанция (6MWT), в % от должного значения	65,73 (15,54)	76,27 (17,74)	64,02 (14,37)	0,045 $p_{2-3} = 0,045$
DDR, % m^{-1}	0,10 [0,00; 0,40]	1,00 [0,75; 2,00]	2,10 [1,30; 5,30]	< 0,001 $p_{1-2} < 0,001$ $p_{1-3} < 0,001$
O ₂ -GAP индекс, л/мин	0,00 [0,00; 0,00]	0,00 [0,00; 0,10]	0,00 [0,00; 2,05]	< 0,001 $p_{1-2} = 0,026$ $p_{1-3} < 0,001$
Прирост диспноэ (по шкале Борга) после 6MWT	2,44 (1,73)	2,19 (1,24)	3,78 (1,86)	0,008 $p_{2-3} = 0,019$ $p_{1-3} = 0,013$
Индекс курения, пачка-лет	0,00 [0,00; 13,88]	0,00 [0,00; 17,00]	29,00 [18,88; 41,25]	0,003 $p_{1-3} = 0,005$ $p_{2-3} = 0,006$
Вероятность сочетания БА и ХОБЛ согласно разработанной модели (P)	0,07 [0,05; 0,19]	0,22 [0,13; 0,34]	0,81 [0,51; 0,97]	< 0,001 $p_{1-2} = 0,032$ $p_{1-3} < 0,001$ $p_{2-3} = 0,032$

SpO₂ [95–100%], % – доля в % указанного спектра оксигенации крови по отношению ко всем значениям SpO₂, зарегистрированным во время проведения 6MWT; значения ОФВ₁ приведены в сопоставлении с должными величинами согласно рекомендациям Европейского общества угля и стали (1993).

выявленное нами ведущее значение десатурационно-дистанционного отношения в разработанной диагностической модели.

Для этого из обследованной выборки мы выделили группу больных БА без нагрузочно-индуцированной десатурации гемоглобина по кислороду во время 6MWT (группа 1), группу больных БА без сочетания с ХОБЛ, но уже с наличием нагрузочно-индуцированной десатурации гемоглобина по кислороду во время 6MWT (группа 2) и группу больных БА в сочетании с ХОБЛ с нагрузочно-индуцированной десатурацией гемоглобина по O_2 во время 6MWT (группа 3).

Результаты клинико-функционального сопоставления представлены в таблице 3.

Результаты множественных и попарных сравнений подтвердили наше предположение о том, что наиболее выраженные клинико-функциональные нарушения характерны для третьей группы пациентов (десатураторов с сочетанием БА и ХОБЛ), у которых мы выявили самую низкую частоту полного контроля БА при более тяжелом течении заболевания и более тяжелых обострениях БА, наиболее низкие уровни ОФВ₁ и SpO₂, самый высокий уровень DDR в сочетании с потребностью в дополнительном потоке O_2 , максимально выраженный прирост диспноэ во время 6MWT на фоне самого высокого уровня индекса курения.

Обсуждение

Во введении были представлены известные по данным литературы рекомендации для выявления сочетания БА и ХОБЛ: Испанского общества пульмонологов и торакальных хирургов; международных экспертов GINA и GOLD (2017) и российские клинические рекомендации по хронической обструктивной болезни легких (2024) [8–10].

«Испанские» рекомендации, к сожалению, не предусматривают выявление и оценку выраженности возможной дыхательной недостаточности у обсуждаемой категории больных (например, с помощью транскутанной пульсоксиметрии), а также оценку переносимости физической нагрузки, выполнение которой может усилить выраженность гипоксемии. Кроме того, в испанском консенсусе не учтено воздействие табакокурения, которое является важнейшим экзогенным фактором, определяющим формирование ХОБЛ у больных бронхиальной астмой.

При реализации рекомендаций экспертов GINA и GOLD для выявления сочетания БА и ХОБЛ возможно двоякое толкование некоторых симптомов. Кроме того, данный способ не учитывает выраженность гипоксемии, как в покое, так и при физической нагрузке, а также продолжительность и выраженность табакокурения (например, по индексу курения), лишь декларируя данный фактор.

Российские рекомендации по диагностике сочетания БА и ХОБЛ не содержат четкие количественные критерии выраженности и продолжительности воздействия табакокурения, а также критерии наличия и/или прогрессирования гипоксемии, например, по снижению SpO_2 вследствие нагрузочно-индуцированной десатурации гемоглобина по кислороду. Кроме того, в обсуждаемых рекомендациях по выявлению ХОБЛ у больных БА не представлены количественные критерии снижения толерантности к физической нагрузке.

Реализация предлагаемого нами способа выявления пациентов с повышенным риском сочетания БА и ХОБЛ позволяет устранить указанные недостатки диагностики. В частности, в разработанной и описанной нами диагностической модели учтены выраженность гипоксемии (как в покое, так и при физической нагрузке) и степень потери физической работоспособности (по показателю DDR), интенсивность и продолжительность табакокурения (по индексу курения), а также состояние легочной вентиляции (по показателю $ОФВ_1$).

Заключение

Согласно полученным результатам, решение вопроса оценки риска сочетания БА и ХОБЛ достигается применением разработанной регрессионной модели, включающей в качестве ведущего независимого фактора, определяющего сочетание БА и ХОБЛ, десатурационно-дистанционное отношение. В связи с этим, проведение 6MWT целесообразно включить в алгоритм обследования больных БА для указанной диагностической цели.

Для оценки риска сочетания БА и ХОБЛ, кроме учета десатурационно-дистанционного отношения, интегрально отражающего нагрузочно-индуцированную десатурацию гемоглобина по кислороду и переносимость физической нагрузки, необходимо рассчитать индекс курения и провести спирометрию с определением $ОФВ_1$.

Наличие нагрузочно-индуцированной десатурации гемоглобина по кислороду у больных с сочетанием бронхиальной астмы и ХОБЛ характеризуется наиболее выраженными негативными изменениями клинико-функционального статуса пациентов.

Список литературы / References

1. Карпин В.А. Очерки теоретической медицины. Бронхообструктивный синдром: диалектика бронхиальной астмы и хронической обструктивной болезни легких. В.А. Карпин, О.И. Шувалова. Психология. Спорт. Здраво-

охранение. Сборник избранных статей по материалам Международной научной конференции. С-Петербург. 2021:14–16. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=46201679>.

2. Карпин В.А., Шувалова О.И. Essays on Theoretical Medicine. Bronchial Obstruction Syndrome: the Dialectics of Bronchial Asthma and Chronic Obstructive Pulmonary Disease. V.A. Karpin, Psychology. Sports. Healthcare. A Collection of Selected Articles Based on the Materials of the International Scientific Conference. Saint Petersburg. 2021:14–16. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=46201679>.
3. Трушина Е.Ю., Костина Е.М., Типикин В.А., Орлова Е.А. Современные представления о сочетании бронхиальной астмы и хронической обструктивной болезни легких. Фарматека. 2023;30(14):106–110. doi: <https://dx.doi.org/10.18565/pharmateca.2023.14.106-110>.
4. Trushina E.Y., Kostina E.M., Tipikin V.A., Orlova E.A. Modern concepts of the combination of bronchial asthma and chronic obstructive pulmonary disease. Pharmateca. 2023;30(14):106–110. <https://dx.doi.org/10.18565/pharmateca.2023.14.106-110>.
5. Postma D.S., Weiss S.T., van den Berge M, et al. Revisiting the Dutch hypothesis. The Journal of Allergy and Clinical Immunology. 2015;136(3):521–529.
6. Uchida A., Sakaue K., Inoue H. Epidemiology of asthma-chronic obstructive pulmonary disease overlap (ACO). Allergology International. 2018;67(2):165–171.
7. Выхристенко Л.П. Сочетание бронхиальной астмы и хронической обструктивной болезни легких: вопросы диагностики и терапии. Иммунопатология, аллергология, инфектология. 2023;(3):10–24.
8. Vykhrystenko L.R. Bronchial obstructive syndrome in bronchial asthma and chronic obstructive disease: from nosology to treatment. Immunopathology, allergology, infectology. 2023;(3):10–24. URL: <https://www.immunopathology.ru/ru/article.php?article=1266>.
9. Vykhrystenko L.R. Bronchial obstructive syndrome in bronchial asthma and chronic lung disease: from nosology to treatment. Immunopathology, allergology, infectology. 2023;(3):10–24. (In Russ.) URL: <https://www.immunopathology.ru/ru/article.php?article=1266>.
10. Global Strategy for Asthma Management and Prevention (2023 update). – Text: electronic. Global initiative for asthma: [website]. 2023. URL: https://ginasthma.org/wp-content/uploads/2023/07/GINA-2023-Full-report-23_07_06-WMS.pdf (дата обращения: 15.02.2026).
11. Hikichi M., Hashimoto S., Gon Y. Asthma and COPD overlap pathophysiology of ACO. Allergology International. 2018;67(2):179–186.
12. Soler-Cataluna J.J., Cosío B., Izquierdo J.L. et al. Consensus document on the overlap phenotype COPD-asthma in COPD. Archivos de Bronconeumología. 2012; 48(9): 331–337.
13. Diagnosis and initial treatment of Asthma, COPD and asthma – COPD overlap: A joint project of GINA and GOLD (updated April 2017). GINA Science Committee. – Text: electronic. Global initiative for asthma: [website]. 2017. URL: <https://ginasthma.org/wp-content/uploads/2019/11/GINA-GOLD-2017-overlap-pocket-guide-wms-2017-ACO.pdf> (дата обращения: 15.02.2026).
14. Клинические рекомендации по хронической обструктивной болезни легких Министерства Здравоохранения Российской Федерации. Российское респираторное общество. 2024 г. Текст: электронный. URL: <https://spulmo.ru/upload/KR-HOBL.pdf>.
15. Clinical guidelines for chronic obstructive pulmonary disease by the Ministry of Health of the Russian Federation. Russian Respiratory Society. 2024 Format: electronic. URL: <https://spulmo.ru/upload/KR-HOBL.pdf>.
16. Holland A.E., Spruit M.A., Troosters T. et al. An official European Respiratory Society/American Thoracic Society technical standard: field walking tests in chronic respiratory disease. European Respiratory Journal. 2014 Dec;44(6):1428-46. doi: 10.1183/09031936.00150314.
17. Клинические рекомендации Министерства Здравоохранения Российской Федерации. Бронхиальная астма. 2024 г. Текст: электронный. URL: https://raaci.ru/education/clinic_recommendations/1065.html.
18. Clinical guidelines by the Ministry of Health of the Russian Federation. Bronchial asthma. 2024. Format: electronic. URL: https://raaci.ru/education/clinic_recommendations/1065.html.
19. Гноевых В.В., Шорохова Ю.А., Смирнова А.Ю., Чернова Н.Г. Устранение диагностической неточности двухволновой пульсоксиметрии в оценке оксигенации крови у курильщиков. Медицинский алфавит. 2022;(9):46-49. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2022-9-46-49>.
20. Gnoevykh V.V., Shorokhova Yu.A., Smirnova A.Yu., Chernova N.G. Elimination of diagnostic inaccuracy of two-wave pulse oximetry in assessment of blood oxygenation in smokers. Medical alphabet. 2022;(9):46-49. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2022-9-46-49>.
21. Ora J., Calzetta L., Pezzuto G. et al. A 6MWT index to predict O2 flow correcting exercise induced SpO2 desaturation in ILD. Respiratory Medicine. 2013 Dec;107(12):2014-21. doi: 10.1016/j.rmed.2013.10.002.

Статья поступила / Received 03.10.2026
Получена после рецензирования / Revised 10.03.2026
Принята в печать / Accepted 10.03.2026

Информация об авторах

Смирнова Анна Юрьевна – к.м.н., доцент кафедры пропедевтики внутренних болезней
E-mail: arximede4@mail.ru. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-8175-5867>
Гноевых Валерий Викторович – д.м.н., профессор, зав. кафедрой пропедевтики внутренних болезней
E-mail: valvik@inbox.ru. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-8009-0557>
Чернова Надежда Георгиевна – старший преподаватель кафедры пропедевтики внутренних болезней
E-mail: chernovanadezhda@mail.ru. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-1781-6968>
ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный университет», г. Ульяновск, Россия

Контактная информация:

Гноевых Валерий Викторович. E-mail: valvik@inbox.ru

Author information

Smirnova Anna Yuryevna – PhD in medicine, Associate Professor of the Propaedeutics of Internal Diseases Department
E-mail: arximede4@mail.ru. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-8175-5867>
Gnoevykh Valery Viktorovich – MD, Professor, Head of the Propaedeutics of Internal Diseases Department
E-mail: valvik@inbox.ru. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-8009-0557>
Chernova Nadezhda Georgievna – Senior Lecturer at the Propaedeutics of Internal Diseases Department
E-mail: chernovanadezhda@mail.ru. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-1781-6968>
Ulyanovsk State University, Ulyanovsk, Russia

Contact information

Gnoevykh Valery Viktorovich. E-mail: valvik@inbox.ru

Для цитирования: Смирнова А.Ю., Гноевых В.В., Чернова Н.Г. Моделирование для выявления пациентов с риском сочетания бронхиальной астмы и хронической обструктивной болезни легких. Медицинский алфавит. 2026;(6):33–38. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2026-6-33-38>

For citation: Smirnova A.Yu., Gnoevykh V.V., Chernova N.G. Modeling to identify patients with risk of bronchial asthma and chronic obstructive pulmonary disease overlap. Medical alphabet. 2026;(6):33–38. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2026-6-33-38>



Оценка положения электрической оси сердца: результаты анкетирования врачей в Российской Федерации. Анализ и обсуждение глазомерного метода оценки

Д.В. Дроздов¹, Ю.Э. Терегулов², Д.В. Шутов³

¹ ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр кардиологии имени академика Е.И. Чазова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Москва, Россия

² Казанская государственная медицинская академия – филиал ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного медицинского образования» Минздрава России, Казань, Россия

³ Государственное бюджетное учреждение здравоохранения города Москвы «Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий Департамента здравоохранения города Москвы», Москва, Россия

РЕЗЮМЕ

Предпосылки исследования. Определение положения электрической оси сердца (ЭОС) играет значительную роль в интерпретации электрокардиограмм (ЭКГ). Описано множество методик оценки ЭОС, однако частота их использования практикующими врачами функциональной диагностики и кардиологами остается неизвестной. Настоящее исследование направлено на изучение частоты применения различных методов оценки ЭОС и отношение врачей к точности автоматического определения ЭОС. **Материал и методы.** Исследование проводилось в форме онлайн-анкетирования медицинских работников на платформе Яндекс Формы. Анкетирование проходило с 24 июня по 6 июля 2025 года. Участниками стали врачи функциональной диагностики и кардиологи, приглашенные через специализированные группы в мессенджере Telegram. Полученные данные подверглись статистическому анализу с использованием среды R. **Основные результаты.** Анализ 689 полученных анкет показал, что наиболее распространенным методом оценки ЭОС является глазомерный способ, используемый большинством опрошенных врачей (56%). Только 10% респондентов применяют точные расчеты по таблицам или калькулятору. Приемлемая точность определения ЭОС составляет примерно ± 8 градусов, согласно мнению большинства участников. Большинство врачей в целом довольны точностью автоматического определения ЭОС. **Заключение.** Глазомерный метод оказался предпочтительным среди врачей благодаря своей простоте и доступности. Этот метод по опубликованным данным демонстрирует высокую степень согласия с результатами точного расчета положения ЭОС. Большинство врачей довольны результатами автоматического определения положения ЭОС. На практике целесообразно использовать вариант визуального метода определения положения ЭОС по Гертшу – Мюллер-Лейссе.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: электрокардиография, ЭКГ, электрическая ось сердца, 6-осевая система ЭКГ, визуальная оценка ЭОС.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Heart electrical axis assessment: results of a survey of physicians in the Russian Federation. Analysis and discussion of the visual axis assessment method

D.V. Drozdov¹, Yu.E. Teregulov², D.V. Shutov³

¹ National Medical Research Center for Cardiology named after Academician E.I. Chazov of the Ministry of Health of the Russian Federation, Moscow, Russia

² Kazan State Medical Academy – a Branch Campus of the FSBEI FPE RMACPE MOH Russia, Kazan, Russia

³ State Budget-Funded Health Care Institution of the City of Moscow "Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies of the Moscow Health Care Department" Moscow, Russia

SUMMARY

Background. Determination of the QRS axis (axQRS) plays a significant role in electrocardiograms' (ECG) interpretation. Although multiple techniques have been introduced for estimating of axQRS, the frequency of their use by practicing physicians unknown. The study aimed to explore the frequency of usage of different axQRS assessment methods and evaluate physicians' attitudes toward the accuracy of automatic axQRS determinations. **Materials and methods.** A web-based questionnaire was administered via Yandex Forms between June 24th and July 6th, 2025. Respondents included functional diagnostics physicians and cardiologists invited through specialized groups on the Telegram messenger. The obtained data underwent statistical analysis using R software. **Key Findings.** Analysis of 689 completed questionnaires indicated that the most common approach for axQRS estimation is the visual approximation method, which is favored by the majority of surveyed physicians (56%). Only 10% of respondents reported relying exclusively on precise table-based or calculator-assisted calculations. According to the consensus view of most participants, an acceptable level of accuracy for axQRS determination lies within approximately ± 8 degrees. A substantial proportion of doctors expressed overall satisfaction with the accuracy of automated axQRS evaluations. **Conclusion.** The visual method has emerged as the preferred choice among physicians owing to its ease and practicality. Published evidence supports its high concordance with more exact computational approaches for determining axQRS position. Furthermore, many physicians find the outcomes provided by automated axQRS calculations satisfactory. The visual method for determining axQRS positions in Gertsch – Mueller-Leisse variant is described and recommended for practical use.

KEYWORDS: ulnar neuropathy at the elbow, cubital tunnel, UNE, electrodiagnostic, electromyography, ultrasound.

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

Введение

Определение положения электрической оси сердца (ЭОС) является одним из обязательных шагов в интерпретации электрокардиограммы (ЭКГ). На оценке положения ЭОС базируется диагностика ряда важных ЭКГ синдромов, в частности, блокады передней и задней ветвей левой ножки пучка Гиса, гипертрофии миокарда левого желудочка, перегрузки правых отделов сердца и др.

Известны различные способы оценки положения ЭОС, однако частота их использования в реальной работе врачей функциональной диагностики и кардиологов не оценивалась. С учетом все более широкого применения методов автоматического анализа ЭКГ для оценки положения ЭОС, при котором могут применяться различные методы, также встает вопрос о доверии врачей к автоматическому определению положения ЭОС и автоматической интерпретации полученных значений. Поэтому объективизация информации о применяемых на практике методах оценки положения ЭОС актуально, в том числе и для оценки качества оказания медицинской помощи и интерпретации (описания) ЭКГ.

Цель настоящего одномоментного наблюдательного выборочного исследования – оценить частоту применения врачами различных методов оценки положения ЭОС, а также получить врачебную оценку необходимой точности оценки положения ЭОС и отношения к точности автоматического измерения положения ЭОС и обсудить полученные результаты.

Материал и методы

В период 24 июня – 6 июля 2025 г. на интернет-ресурсе Яндекс Формы по адресу <https://forms.yandex.ru/u/683af1ee90fa7b7745f38e75/> нами было проведено анкетирование специалистов функциональной диагностики и кардиологов по вопросу определения положения ЭОС и ее оценке.

Разработанная нами анкета приведена в приложении. Анкета состоит из 9 вопросов, большинство из которых требуют обязательного ответа (контроль осуществляется средствами Яндекс Форм) и предполагают выбор единственного ответа.

Приглашение пройти анкетирование было размещено в профильных группах мессенджера Telegram по функциональной диагностике и кардиологии. Результаты анкетирования приводятся ниже.

Полученные в результате анкетирования данные были сохранены в формате электронной таблицы, затем были импортированы в среду проведения статистических расчетов R [1], версия 4.5.2 (2025-10-31 ucrt). Использовалась описательная статистика (частоты выбора отдельных ответов) и анализ сопряженности признаков – вариантов ответов на вопросы анкеты [2]. Для последнего применялся критерий Хи-квадрат, точный метод Фишера из-за большого объема выборки применить было невозможно.

Результаты анкетирования

Всего получено 689 заполненных анкет.

На вопрос о врачебной специализации было получено с учетом множественного выбора 814 ответов, которые распределились следующим образом (табл. 1).

Таблица 1
Врачебная специализация респондентов

Специализация	Число ответов	% от ответов	% от анкет
Функциональная диагностика	594	73	86
Кардиология и связанные дисциплины	155	19	22
Скорая помощь	21	3	3
Анестезиология-реаниматология	6	1	1
Иные	38	5	6
Всего	814	100	

Наиболее частой комбинацией специализаций было сочетание функциональной диагностики и кардиологии (94 таких случая), остальные сочетания встречались существенно реже.

Среди респондентов ежедневно анализируют ЭКГ 566 (82%) специалистов, несколько раз в неделю – 94 (14%), и лишь 29 (4%) делают это изредка.

На вопрос «работаете ли Вы с ЭКГ новорожденных, детей, подростков?» были получены ответы, которые распределились следующим образом (табл. 2).

Таблица 2
Категории возрастов пациентов, с которыми работают респонденты

	Число ответов	Доля, %
Описываю чаще всего ЭКГ взрослых	465	67
Работаю с ЭКГ пациентов всех возрастов постоянно	150	22
Описываю в основном ЭКГ новорожденных, детей, подростков	74	11

Участвуют в проведении научных исследований, описывая ЭКГ, лишь 54 (8%) респондентов.

Среди способов определения положения ЭОС во фронтальной плоскости респонденты предпочитают глазомерный (визуальный) оценочный метод, вероятно, как наиболее быстрый. Его же используют при коррекции результатов автоматического анализа определения положения ЭОС. Точный метод определения ЭОС по таблицам или калькулятору используют лишь 10% респондентов в качестве единственного, а 14% – при сомнениях в результатах автоматического расчета ЭОС. Данные представлены ниже (табл. 3).

Таблица 3
Применяемые респондентами методы определения положения ЭОС

Метод	Число ответов	Доля, %
Глазомерный (по определению отведения, которому перпендикулярна ЭОС)	384	56
Доверяю автоматическому анализу, при необходимости корректирую глазомерным способом	137	20
Доверяю автоматическому анализу, при необходимости корректирую вычислением по таблицам или калькулятору	99	14
Вычисляю точное положение по таблицам или калькулятору	69	10

Приемлемая для повседневной практики точность определения положения ЭОС была оценена респондентами (табл. 4).

Таблица 4
Оценка приемлемой для повседневной практики точность определения положения ЭОС

Оценка точности положения ЭОС	Число ответов	Доля, %
Точность не важна, важно отсутствие ошибок в оценке положения (норма, отклонение и т. п.)	302	44
±8 градусов (предельная точность глазомерного метода)	252	37
±1 градус	71	10
±15 градусов	48	7
Точнее 1 градуса	10	2
±30 градусов	6	1

Больше половины ответивших в целом удовлетворены точностью автоматического определения положения ЭОС, если они используют его (табл. 5). Данный вопрос был необязательным, поэтому на него дано 645 ответов или 94% от числа респондентов.

Таблица 5
Оценки точности работы автоматического определения положения ЭОС

Удовлетворенность респондентов точностью автоматического анализа положения ЭОС	Число ответов	Доля, %
Да	55	9
Скорее да, чем нет	373	58
Скорее нет, чем да, много ошибок	171	26
Нет, использовать невозможно	46	7

Динамику положения ЭОС почти всегда или при очевидном изменении оценивали подавляющее большинство респондентов (табл. 6).

Таблица 6
Оценка динамики положения ЭОС респондентами

Варианты ответов	Число ответов	Доля, %
Только в случае очевидного изменения (например, резкое отклонение вправо)	358	52
Да, почти всегда	285	41
Почти никогда	46	7

Параметры фильтрации ЭКГ при оценке ЭОС учитывают 283 (41%), игнорируют их 406 (59%) респондентов.

Результаты анализа сопряженности ответов на вопросы анкеты представлены ниже, в следующем разделе.

Обсуждение результатов

При проведении анкетирований всегда встает вопрос о достаточности объема выборки. Считается [3], что для получения точности оценки порядка 5% достаточный объем выборки в социологических исследованиях, которым по сути является анкетирование врачей, составляет несколько сотен респондентов. С учетом того, что сертификат по специальности функциональная диагностика имеют [4, 5] порядка 10 тыс. врачей, представляется, что обработка более 800 анкет дает достаточные основания считать нашу выборку репрезентативной, а полученные результаты достаточно надежными с точки зрения их интерпретации.

Одним из потенциальных ограничений настоящего исследования можно рассматривать использование веб-технологии для проведения опроса врачей, что потенциально может привести к систематической ошибке выборки: в исследовании приняли участие лишь те специалисты, которые имели техническую возможность пройти анкетирование и готовы использовать для этого веб-технологии. Также надо принимать во внимание, что участвовали в анкетировании только самые заинтересованные специалисты, которым необходимо было потратить на участие в анкетировании свое свободное время и иметь доступ в интернет.

Также мы не учитывали пол, возраст, врачебный опыт и место работы респондентов, поскольку это не являлось предметом интереса настоящего исследования, а введение дополнительных вопросов могло привести к отказу от заполнения анкеты какой-то частью респондентов.

При статистическом анализе сопряженности ответов на пары вопросов (критерий Хи-квадрат) получены следующие результаты, позволяющие оценить зависимости между ответами на разные вопросы анкеты (табл. 7). Поскольку не было найдено сопряженности между ответами на первый вопрос анкеты (врачебные специализации) и остальными, то в таблице приведены только данные оценки сопряженности между ответами на «содержательные» вопросы анкеты.

Статистически значимая ($p < 0,05$) сопряженность ответов выявлена между небольшим числом пар вопросов (см. табл. 7), но все пары в целом представляют интерес с точки зрения выявленных закономерностей. В перечислении ниже эти пары обсуждаются в порядке убывания значений p .

- Обнаружена сопряженность между частотой оценки динамики ЭОС и учетом параметров фильтрации. Среди тех, кто почти всегда оценивают динамику положения ЭОС больше половины респондентов учитывают параметры фильтрации при ее оценке, в остальных группах респондентов по частоте оценки динамики ЭОС соотношение обратное – учитывают фильтрацию меньше половины респондентов. Повидимому, это связано с опытом респондентов, когда включение фильтров высокочастотных помех может исказить соотношение амплитуд зубцов комплекса QRS.
- Также выявлена сопряженность между способом определения положения ЭОС и оценкой точности результатов автоматического измерения ЭОС. Тех, кто использует глазомерный способ определения положения ЭОС, точность автоматического расчета положения ЭОС устраивает в разной степени 55% выбравших этот ответ. Среди использующих способ оценки ЭОС по таблицам или калькулятору, не удовлетворены точностью автоматического определения ЭОС 62% выбравших этот вариант ответа. Очевидно, что среди тех, кто использует автоматический способ определения положения ЭОС вместе с другими методами доминируют те, кто ему доверяют.

Таблица 7
Анализ сопряженности ответов на вопросы анкеты

Первый вопрос в анализируемой паре	Второй вопрос в анализируемой паре	Значение χ^2	Степ. своб.	p
Частота описания ЭКГ	ЭКГ детей и подростков	4,73	4	0,316
Частота описания ЭКГ	Использование в научных публикациях	4,21	2	0,122
Частота описания ЭКГ	Способ определения положения ЭОС	1,85	6	0,933
Частота описания ЭКГ	Приемлемая точность	8,38	10	0,592
Частота описания ЭКГ	Автоизмерения	9,66	6	0,140
Частота описания ЭКГ	Оценка динамики ЭОС	10,67	4	0,031
Частота описания ЭКГ	Учет фильтрации	0,84	2	0,657
ЭКГ детей и подростков	Использование в научных публикациях	1,04	2	0,595
ЭКГ детей и подростков	Способ определения положения ЭОС	20,2	6	0,003
ЭКГ детей и подростков	Приемлемая точность	3,94	10	0,950
ЭКГ детей и подростков	Автоизмерения	9,98	6	0,126
ЭКГ детей и подростков	Оценка динамики ЭОС	0,57	4	0,966
ЭКГ детей и подростков	Учет фильтрации	0,42	2	0,809
Использование в научных публикациях	Способ определения положения ЭОС	0,59	3	0,899
Использование в научных публикациях	Приемлемая точность	7,44	5	0,190
Использование в научных публикациях	Автоизмерения	0,55	3	0,907
Использование в научных публикациях	Оценка динамики ЭОС	13,26	2	0,001
Использование в научных публикациях	Учет фильтрации	0,14	1	0,708
Способ определения положения ЭОС	Приемлемая точность	97,88	15	< 0,001
Способ определения положения ЭОС	Автоизмерения	114,15	9	< 0,001
Способ определения положения ЭОС	Оценка динамики ЭОС	3,3	6	0,771
Способ определения положения ЭОС	Учет фильтрации	6,08	3	0,108
Приемлемая точность	Автоизмерения	8,8	15	0,888
Приемлемая точность	Оценка динамики ЭОС	17,53	10	0,063
Приемлемая точность	Учет параметров фильтрации	8,29	5	0,141
Автоизмерения	Оценка динамики ЭОС	9,27	6	0,159
Автоизмерения	Учет фильтрации	7,66	3	0,054
Оценка динамики ЭОС	Учет фильтрации	36,53	2	< 0,001

- Установлена сопряженность между способом определения положения ЭОС и приемлемой точностью оценки положения ЭОС. В ответах на эту пару вопросов подтверждена гипотеза, что если респондент использует глазомерный способ измерения ЭОС, то его удовлетворяет относительно низкая точность: либо «попаданию» в границы известных положений ЭОС, либо ± 8 градусов. Наиболее требовательны к точности определения положения ЭОС, что также ожидаемо, использующие способ оценки положения ЭОС по таблицам или калькулятору; и их не устраивает «огрубление» результатов измерения до градаций. Однако для всех категорий респондентов по способу определения положения ЭОС можно считать приемлемой для клинического использования точность, выраженную числом, в пределах 8 градусов или лучше.
- Выявлена сопряженность между оценкой динамики ЭОС и использованием результатов описания ЭКГ в научных публикациях. Среди тех респондентов, результаты описания ЭКГ которых используются в научных публикациях существенно выше доля тех, кто всегда обращает внимание на динамику положения ЭОС.
- Установлена сопряженность между способом определения положения ЭОС и частотой описания ЭКГ разных возрастных групп. Респонденты, кто описывает ЭКГ детей или работает с пациентами всех возрастов, чаще используют определение ЭОС по таблицам или калькуляторам. Среди тех, кто преимущественно

- работает с ЭКГ взрослых, предпочтение отдают глазомерному методу, возможно, в дополнении к автоматическому расчету.
- Выявлена сопряженность между частотой описания ЭКГ и оценкой динамики ЭОС. Респонденты, описывающие ЭКГ ежедневно, на потоке, описывают динамику оси чаще других групп при явном изменении положения оси. Те, кто описывают ЭКГ реже, предпочитают отмечать динамику положения оси вне зависимости от ее подразумеваемой значимости. Таким образом, наиболее применяемым практикующими врачами является глазомерный способ оценки положения ЭОС, а ожидаемая врачами точность определения ЭОС составляет около 8 градусов. Также следует обратить внимание, что около трети респондентов используют автоматическое определение положения ЭОС либо на постоянной основе в качестве единственного метода, либо в сочетании с визуальной коррекцией. Более половины в целом довольны точностью автоматического расчета. Это, на наш взгляд, является подтверждением широкого использования цифровых электрокардиографов с функцией автоматических измерений. Относительно глазомерного¹ (в английском *visual* – визуальный) способа измерения положения ЭОС известно, что, по-видимому, впервые визуальная методика оценки положения ЭОС была детально изложена в известном руководстве по ЭКГ М. Gertsch [6] и незначительно уточнен позже J. Mueller-Leisse и соавт. [7].

¹ Глазомерный – производимый простым глазом, без приборов. *Большой толковый словарь русского языка.*

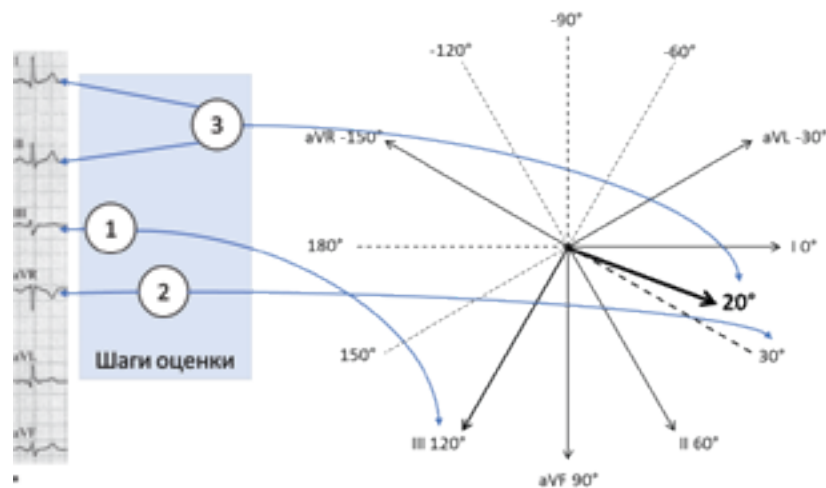


Рисунок. Схема глазомерного (визуального) способа оценки положения ЭОС во фронтальной плоскости по Гертшу – Мюллер-Лейссе. ЭКГ заимствована из рис. 1.6а (стр. 8, [6]). Цифры в кружках обозначают шаги анализа положения ЭОС. В данном случае угол составляет +20

Метод не требует точных измерений амплитуд зубцов ЭКГ и каких-либо вычислений, поэтому может быть назван «глазомерным» или «визуальным». На нескольких примерах в [6] продемонстрирована возможность оценки положения ЭОС путем последовательного выполнения трех шагов:

1. определение среди отведений от конечностей изоэлектричного отведения, в котором максимальный положительный зубец комплекса QRS приблизительно равен максимальному отрицательному: – ЭОС приблизительно перпендикулярна оси этого отведения;
2. определение направления ЭОС по максимальному отклонению комплекса QRS в перпендикулярном отведении, точность такой предварительно оценки положения ЭОС составляет 30°;
3. коррекция полученной оценки ЭОС по соотношению амплитуд максимальных зубцов в «соседних» отведениях, при этом точность оценки повышается до 10°.

Схематически эта последовательность действий представлена на рисунке. Для ЭКГ, представленной на рисунке, изоэлектричным отведением является III (шаг 1); ЭОС направлена вдоль отрицательного полюса aVR, т. е. имеет положительный знак (шаг 2); с учетом соотношения амплитуд R в I и II отведениях положение ЭОС приблизительно +20° (шаг 3).

Заметим, что на представленной ЭКГ в качестве изоэлектричных можно рассматривать как III отведение, так и aVF. Если в качестве изоэлектричного отведения выбрать aVF, то по аналогичной последовательности рассуждений будет получена оценка +10°. Последовательность шагов наглядно представляется с использованием известной 6-осевой системы Бейли.

В опубликованных недавно данных J. Mueller-Leisse и соавт. [7] конкретизирован метод M. Gertsch и приведен анализ ЭКГ 108 пациентов (средний возраст 54±17 лет, 53% мужчин) с желудочковыми extrasystолами (ЖЭ). Авторы определяли ЭОС визуальным методом, как изложено выше, и путем расчетов по парам I–III и I–aVF от-

ведений для синусовых сокращений и для мономорфных ЖЭ из выносящего тракта левого желудочка. Для пары отведений I–aVF использованы 2 расчетные формулы. Всего проанализировано 216 измерений ЭОС. Визуальная оценка положения ЭОС, как и определение амплитуд зубцов R и Q или S для вычисления положения ЭОС, проводились 2 врачами независимо. При расхождении визуальных оценок на 10° и более, проводилось согласование врачебных оценок по неуточненной в статье методике. В цитируемой работе было показано, что расхождение между визуальной оценкой положения ЭОС и точным расчетом по разнице амплитуд максимальных положительных и отрицательных зубцов составляет несколько градусов, как для синусовых сокращений, так и для ЖЭ.

Аналогичные данные можно найти в работе [8], в которой визуальная оценка ЭОС ЖЭ использовалась для дифференцировки топика ЖЭ.

Не противоречат приведенным выше данным результаты исследования Q. Gao и соавт. [9]. В этой работе положение ЭОС 200 ЭКГ с различной морфологией комплекса QRS было определено двумя методами: по сути, визуально (авторы называют метод «перпендикуляром к средней оси») и путем вычислений по амплитудам зубцов QRS. Заметим, первым методом положение ЭОС оценивалось, по-видимому, с шагом 15°. Коэффициент корреляции между результатами измерений обоими способами составил 0,976 ($p < 0,001$), средняя ошибка по методу Блэнда – Алтмана была равна 0,885° при доверительном интервале от -12,37° до 14,14°.

Заключение

Проведенное нами анкетирование врачей в России показало, что в настоящее время для определения положения ЭОС во фронтальной плоскости предпочитают использовать глазомерный (визуальный) метод. Очевидно, что это связано с его простотой, доступностью, отсутствием необходимости проведения точных измерений амплитуд зубцов комплекса QRS и каких-либо вычислений либо обращения к таблицам, номограммам.

Судя по опубликованным данным, этот метод обеспечивает приемлемую для практики точность определения положения ЭОС и показывает высокую согласованность с результатами вычислений на основании амплитуд зубцов комплекса QRS.

Целесообразно придерживаться унифицированной методики определения положения ЭОС глазомерным (визуальным) методом, например, описанным методом по Гертшу – Мюллер-Лейссе. Этот метод обеспечивает определение положения ЭОС с дискретностью 10° за 2–3 шага, при ошибочном выборе изоэлектричного отведения ошибка будет составлять те же 10° .

Очевидно, что глазомерный способ определения положения ЭОС применяется врачами в качестве метода оценки автоматического расчета положения ЭОС. Поскольку автоматическое определение положения ЭОС может вестись различными методами, рассмотрение которых выходит за рамки статьи, это необходимо учитывать при сравнении и, тем более, при формулировании оценок точности автоматических расчетов положения ЭОС.

В настоящее время большинство опрошенных специалистов в целом доверяют результатам автоматического измерения положения ЭОС, что подчеркивает высокую ответственность разработчиков алгоритмов и производителей аппаратов ЭКГ в плане точности определения положения ЭОС. Также это косвенно свидетельствует о распространенности аппаратов ЭКГ с автоматическими измерениями.

Глазомерный метод оценки положения ЭОС можно рекомендовать для регулярного контроля результатов автоматического измерения ЭОС.

Приемлемой по мнению респондентов является точность определения положения ЭОС в пределах $\pm 8^\circ$. Это значение соответствует возможностям глазомерного метода определения положения ЭОС. Однако, нельзя не отметить, что для оценки блокад ветвей левой ножки пучка Гиса, по-видимому, требуется более высокая точность, оценить требования к которой методом анкетирования специалистов невозможно.

Список литературы / References

1. R Core Team (2025). R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Электронный ресурс. <https://www.R-project.org/> (дата обращения: 02.12.2025).
2. Петри А., Сэбин К. Наглядная медицинская статистика: учебное пособие // А. Петри, К. Сэбин. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2021. 232 с. Petri A., Sabin K. Naglyadnaya medicinskaya statistika: uchebnoe posobie [Visual medical statistics: manual]. Moscow, GEOTAR-Media. 2021. 232 p.
3. Рахманова Ю.В. Методы социологического исследования М.: Российский государственный педагогический университет им. Герцена. – 2021. – 124 с. Rakhmanova Yu.V. Methods of Sociological Research Moscow: Herzen State Pedagogical University of Russia, 2021. – 124 p.
4. 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>. 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>.
5. Лукогорская Н.Н., Вишняков Н.И., Барсукова И.М. Современное состояние подразделений функциональной диагностики в Российской Федерации // Современные проблемы здравоохранения и медицинской статистики. – 2024. – №. 3. – С. 615–627. DOI 10.24412/2312-2935-2024-3-615-627. Lukogorskaya N.N., Vishnyakov N.I., Barsukova I.M. Current state of functional diagnostics divisions in the Russian Federation // Current problems of health care and medical statistics. – 2024. – №. 3. – P. 615–627. DOI 10.24412/2312-2935-2024-3-615-627.
6. Gertsch M. The ECG manual: an evidence-based approach. – London: Springer London. – 2009.
7. Mueller-Leisse J., Syrbius G., Hillmann, H.A.K. et al. Determining the QRS axis: visual estimation is equal to calculation. *Herzschr Elektrophys* 36, 70–74 (2025). DOI 10.1007/s00399-025-01065-x.
8. Zhang (2016) A vector-based algorithm to differentiate septal and free wall sites of origin of ventricular arrhythmias in the right ventricular outflow tract. *Int J Heart Rhythm* 1:43–49. DOI 10.4103/2352-4197.191481.
9. Gao Q, Dai Z, Hu Y, Bie F, Yang B. A new method to determine the QRS axis—QRS axis determination. *Clin Cardiol*. 2020; 43: 1534–1538. DOI 10.1002/clc.23477.

Приложение

Анкета

Методы определения положения электрической оси сердца

Заполняя анкету, Вы подтверждаете свою готовность предоставить Ваши обезличенные ответы для проведения научного исследования по способам оценки положения электрической оси сердца (ЭОС) при анализе ЭКГ покоя в 12 общепринятых отведениях и не будете претендовать на включение Вас в авторы соответствующих публикаций, если они будут подготовлены с использованием результатов анкетирования.

1. Ваша врачебная специализация(и)
(Множественный выбор, обязательный вопрос)
 - Функциональная диагностика
 - Кардиология и связанные дисциплины
 - Анестезиология-реаниматология
 - Скорая помощь
 - Иные
2. Как часто Вы описываете или анализируете ЭКГ
(Обязательный вопрос)
 - На потоке, ежедневно
 - Несколько раз в неделю
 - Изредка
3. Работаете ли Вы с ЭКГ новорожденных, детей, подростков? Выберите наиболее подходящий вариант ответа
(Обязательный вопрос)
 - Описываю чаще всего ЭКГ взрослых
 - Описываю в основном ЭКГ новорожденных, детей, подростков
 - Работаю с ЭКГ пациентов всех возрастов постоянно
4. ЭКГ, описанные мной, используются в научных исследованиях и публикациях
 - Да
 - Нет

5. Какой способ определения положения ЭОС во фронтальной плоскости Вы используете чаще всего? (Обязательный вопрос)
Пожалуйста, выберите именно тот метод, который Вы используете чаще других вариантов.
 - Глазомерный (по определению отведения, которому перпендикулярна ЭОС)
 - Вычисляю точное положение по таблицам или калькулятору
 - Доверяю автоматическому анализу, при необходимости корректирую глазомерным способом
 - Доверяю автоматическому анализу, при необходимости корректирую вычислением по таблицам или калькулятору

6. Какая точность определения положения ЭОС на Ваш взгляд достаточна для повседневной практики? (Обязательный вопрос)
 - Точнее 1 градуса
 - ±1 градус
 - ±8 градусов (предельная точность глазомерного метода)
 - ±15 градусов
 - ±30 градусов
 - точность не важна, важно отсутствие ошибок в оценке положения (норма, отклонение и т. п.)

7. Если Вы используете результаты автоматического определения ЭОС, то довольны ли Вы точностью измерения в целом?
 - Да
 - Скорее да, чем нет
 - Нет, использовать невозможно

8. Оцениваете ли Вы динамику положения ЭОС? (Обязательный вопрос)
 - Да, почти всегда
 - Почти никогда
 - Только в случае очевидного изменения (например, резкое отклонение вправо)

9. Учитываете ли Вы параметры фильтрации ЭКГ при определении ЭОС? В том числе при оценке ЭКГ в динамике? (Обязательный вопрос)
 - Пояснение к этому вопросу: известно, что некоторые виды ЭКГ фильтров могут влиять на амплитуды зубцов ЭКГ и потенциально могут изменять положение ЭОС.
 - Да
 - Нет

Кнопка «Отправить»

Статья поступила / Received 03.03.2026
Получена после рецензирования / Revised 10.03.2026
Принята в печать / Accepted 10.03.2026

Информация об авторах

Дроздов Дмитрий Владимирович¹ – к.м.н., ведущий научный сотрудник, руководитель лаборатории ЭКГ
E-mail: dvdrozhdov@cardio.ru, ORCID: 0000-0001-7374-3604
Терегулов Юрий Эмильевич² – д.м.н., доцент, заведующий кафедрой функциональной диагностики
E-mail: tereg2@mail.ru, ORCID: 0000-0001-9120-142X
Шутов Дмитрий Валерьевич³ – д.м.н., врач функциональной диагностики, организационно-методический отдел по лучевой и инструментальной диагностике
E-mail: ShutovDV@zdrav.mos.ru, ORCID 0000-0003-1836-3689

¹ ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр кардиологии имени академика Е.И. Чазова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Москва, Россия

² Казанская государственная медицинская академия – филиал ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного медицинского образования» Минздрава России, Казань, Россия

³ Государственное бюджетное учреждение здравоохранения города Москвы «Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий Департамента здравоохранения города Москвы», Москва, Россия

Контактная информация:

Дроздов Дмитрий Владимирович. E-mail: dvdrozhdov@cardio.ru

Для цитирования: Дроздов Д.В., Терегулов Ю.Э., Шутов Д.В. Оценка положения электрической оси сердца: результаты анкетирования врачей в Российской Федерации. Анализ и обсуждение глазомерного метода оценки. Медицинский алфавит. 2026;(6):40–46. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2026-6-40-46>

Author information

Drozhdov Dmitrii V.¹ – PhD, Leading Researcher, Head of the ECG Laboratory
E-mail: dvdrozhdov@cardio.ru, ORCID: 0000-0001-7374-3604
Teregulov Yu.E.² – MD, PhD, Head of the Department of Functional Diagnostics
E-mail: tereg2@mail.ru, ORCID: 0000-0001-9120-142X
Shutov D.V.³ – MD, Clinical Physiologist, Organizational and Methodological Department for Radiology and Instrumental Diagnostics
E-mail: ShutovDV@zdrav.mos.ru, ORCID 0000-0003-1836-3689

¹ National Medical Research Center for Cardiology named after Academician E.I. Chazov of the Ministry of Health of the Russian Federation, Moscow, Russia

² Kazan State Medical Academy – a Branch Campus of the FSBEI FPE RMACPE MOH Russia, Kazan, Russia

³ State Budget-Funded Health Care Institution of the City of Moscow "Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies of the Moscow Health Care Department" Moscow, Russia

Contact information

Drozhdov Dmitrii V. E-mail: dvdrozhdov@cardio.ru

For citation: Drozdov D.V., Teregulov Yu.E., Shutov D.V. Heart electrical axis assessment: results of a survey of physicians in the Russian Federation. Analysis and discussion of the visual axis assessment method. Medical alphabet. 2026;(6):40–46. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2026-6-40-46>



Нейрофизиологическая школа Российского научно-исследовательского нейрохирургического института имени профессора А.Л. Поленова: первые 100 лет. Часть 1.

М.В. Александров, И.А. Костенко, О.А. Топоркова

ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр им. В.А. Алмазова» Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия

РЕЗЮМЕ

В 1926 г в Ленинграде был создан первый в мире нейрохирургический институт, который теперь носит имя Российского научно-исследовательского нейрохирургического института им. профессора А.Л. Поленова (филиал НМИЦ им. В.А. Алмазова). С момента создания института и до настоящего времени нейрофизиология является одним из основных направлений научных исследований. Сложилась оригинальная научная школа, у истоков которой стояли академики А.Д. Сперанский, А.В. Лебединский. Нейрохирургия с первых шагов формировалась в неразрывном союзе с интраоперационной нейрофизиологией, история которой берет свое начало с применения электрофизиологических методик в хирургии периферической нервной системы. Созданное клиничко-физиологическое направление позволило институту в 1930-1940-х гг занять одну из лидирующих позиций в фундаментальной и клинической нейрофизиологии. Научная деятельность коллектива характеризовалась взаимным проникновением исследований нейрохирурга и нейрофизиолога.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: нейрофизиология, электроэнцефалография, электрокортикография, интраоперационный мониторинг, история медицины, научная школа, А.Д. Сперанский, А.В. Лебединский.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The Neurophysiological School of the Polenov Russian Research Neurosurgical Institute: The First 100 Years. Part 1

M.V. Aleksandrov, I.A. Kostenko, O.A. Toporkova

Federal State Budget Institution Almazov National Medical Research Center of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Saint Petersburg, Russia

SUMMARY

The world's first neurosurgical institute was established in Leningrad in 1926 and now bears the name Polenov Russian Research Neurosurgical Institute (branch of the Almazov National Medical Research Center). Neurophysiology has been one of the main areas of scientific research since the Institute was set up. An original scientific school was formed, with A.D. Speransky and A.V. Lebedinsky at its origins. From the very beginning, neurosurgery was formed in an inseparable alliance with intraoperative neurophysiology, whose history dates back to the use of electrophysiological techniques in peripheral nervous system surgery. The established clinical and physiological direction allowed the institute to take one of the leading positions in fundamental and clinical neurophysiology in the 1930s and 1940s. The team's scientific activities were characterized by the mutual penetration of neurosurgery and neurophysiology research.

KEYWORDS: Neurophysiology, electroencephalography, electrocorticography, intraoperative monitoring, the history of medicine, scientific school, A. Speransky, A. Lebedinsky.

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

Введение

Становление и успешное развитие как фундаментальной физиологии, так и клинической нейрофизиологии неразрывно связано с историей первого в мире научно-исследовательского нейрохирургического института: Ленинградского, а ныне Российского, нейрохирургического института имени профессора А.Л. Поленова (ЛНХИ/РНХИ им. проф. А.Л. Поленова). Датой открытия института является 1 мая 1926 г. [1, 2]. Однако, как в истории любого большого проекта, формальной дате открытия предшествовала сложная, не лишенная драматизма предыстория. Общей тенденцией в развитии клинической медицины в начале XX века был процесс специализации:

выделение из терапии и хирургии относительно самостоятельных клинических дисциплин. К сожалению, мощным двигателем в развитии хирургии являются войны. Опыт Первой мировой войны (1914–1918) доказал, что война стала не просто «травматической эпидемией» по образному выражению Н.И. Пирогова. Современная для того времени война существенно увеличила в спектре санитарных потерь долю раненых в голову и позвоночник, которые требовали специализированной помощи и для сохранения жизни, и для дальнейшего возвращения в строй [2]. Таким образом, в начале 1920-х гг. стала очевидной задача создания специализированных нейрохирургических клиник.

Основатель института профессор А.Г. Молотков в 1925 г. направил в Ленинградский Губздравотдел предложение о создании самостоятельного научно-исследовательского института хирургической невропатологии с развернутой программой научной и клинической работы. Однако другой видный хирург профессор И.И. Греков выступил с альтернативным предложением: открыть отделение хирургической невропатологии при Обуховской больнице Ленинграда. В духе того времени для обсуждения вопроса было предложено провести публичную дискуссию. Научное совещание состоялось 9 января 1925 г. под председательством академика И.П. Павлова [1]. С основными докладами выступили А.Г. Молотков и И.И. Греков. По сути дискуссия шла о судьбе нейрохирургии: будет ли она с первых шагов развиваться как самостоятельная наука или станет прикладным направлением в невропатологии. Итог обсуждения подвел академик И.П. Павлов, который в своем заключительном слове поддержал проект создания самостоятельного научно-практического института, что полностью отражало его мировоззрение: он видел развитие медицины только через тесное сотрудничество клиницистов и физиологов.

В 1926 г. был открыт институт хирургической невропатологии с клиническим отделением на 60 коек, а также с тремя научными отделениями: экспериментально-физиологическим, «патолого-морфологических изысканий» и отделением анатомических и гистологических исследований [1, 2]. Таким образом, уже с момента создания института в его структуру вошло отделение экспериментальной физиологии, которое было ориентировано как на анализ клинического материала, так и на выполнение широких экспериментальных исследований, имея собственный виварий и клинику для экспериментальных животных. Можно уверенно считать, что такое решение стало итогом проведенной научной дискуссии и позиции, высказанной академиком И.П. Павловым.

1926–1938 гг: экспериментальное физиологическое отделение

Первый директор института А.Г. Молотков уже на этапе организационно-штатных мероприятий в 1925 г пригласил создать, а затем возглавить экспериментально-физиологическое отделение Алексея Дмитриевича Сперанского, одного из любимых учеников академика И.П. Павлова [1, 3].

А.Д. Сперанский (1888–1961) в 1911 г. окончил с отличием медицинский факультет Казанского университета. В 1913 г. защитил диссертацию на степень доктора медицины. Первая Мировая война оторвала А.Д. Сперанского от научной работы, он был призван в действующую армию. В 1920 г. А.Д. Сперанский был избран профессором кафедры оперативной хирургии и топографической анатомии недавно созданного Иркутского университета. Но в 1922 г. 34-летний профессор хирургии Сперанский кардинально меняет свои научные интересы: принимает решение заняться физиологией, чтобы поднять самые общие проблемы патологии. Молодой ученый решает обратиться к физиологии и переезжает в столицу физи-



Академик АН и АМН СССР А.Д. Сперанский (1888–1961)

ологии – в Петроград [3]. Академик И.П. Павлов принял Сперанского в свою физиологическую лабораторию в Институте экспериментальной медицины (ИЭМ). Сперанский стал его близким соратником, участвуя во многих работах Павловской лаборатории и как хирург, и как физиолог [3].

А.Д. Сперанский руководил экспериментально-физиологическим отделением в НИИ хирургической невропатологии в период 1926–1937 гг., «сделав отделение предметом гордости института», как отмечал А.Л. Поленов [1]. В 1937 г. А.Д. Сперанский был вынужден переехать в Москву, возглавив отдел общей патологии созданного Всесоюзного ИЭМ. Наиболее полно итоги физиологических исследований за десять лет работы в институте хирургической невропатологии А.Д. Сперанский изложил в монографии «Элементы построения теории медицины» (1935) [4]. Выход монографии проводил демаркационную линию между периодом преимущественно экспериментальных исследований и переходом к клинико-физиологическому направлению.

Для реализации клинико-физиологического направления в научной работе института в 1936 г. была проведена реорганизация экспериментального физиологического отделения, одним из принципиальных моментов которой стало создание новой лаборатории – электрофизиологической [1].

В практической клинической деятельности электрофизиологические исследования активно выполнялись уже с момента создания института. Так, первый директор института профессор А.Г. Молотков для оценки нервно-мышечной проводимости использовал методику, которую обозначали как «электродиагностика» – одна из передовых для 1920-х гг. методика, основанную на регистрации биоэлектрической активности мышц в покое и анализе возбудимости при прямой стимуляции мышц и при стимуляции иннервирующей мышцу нерва [5]. Электродиагностика применялась не только при предоперационном обследовании, но и интраопера-

ционно, что, являлось адекватным для своего времени интраоперационным нейрофизиологическим мониторингом (ИОМ).

Перед лабораторией электрофизиологии стояла задача научного обобщения накопленного опыта и разработки новых методических подходов. Для руководства новой электрофизиологической лабораторией был приглашен из Ленинградского университета доцент Голиков Н.В., ученик выдающегося советского физиолога – академика АН СССР Ухтомского А.А. (1875–1942), который в свою очередь был штатным научным консультантом лаборатории и состоял членом ученого совета института [1]. Этот факт позволяет считать, что исторически первым академиком, работавшим в институте, был физиолог А.А. Ухтомский, который оставался членом Ученого совета института до своей кончины в блокадном Ленинграде в августе 1942 г.

Перед электрофизиологической лабораторией на 1937–1940 гг. была поставлена научная тема: «Применение точных электрофизиологических методов на клиническом материале и на обнаженных во время операции нервах», то есть научное обоснование методических подходов для интраоперационного мониторинга в том числе. Исходя из поставленных задач, основными методическими приемами электрофизиологических исследований были измерение скорости проведения возбуждения по нервному волокну, хронаксиметрический анализ зависимости «сила-длительность» при патологии нервных проводников. Для реализации «точных электрофизиологических методов», как, впрочем, и во все времена, оборудование было собрано собственными силами, что «избавило от фантастических по стоимости закупок за границей», как прокомментировал ситуацию А.Л. Поленов [1].

Подготовка собственных кадров электрофизиологов осуществлялась в аспирантуре при отделе физиологии. Так, одним из первых аспирантов-физиологов стала Клара Моисеевна Шапиро (1912–1996), которая после окончания биологического факультета Ленинградского университета в 1937–1940 гг. была одним из первых аспирантов-физиологов института и выполняла исследования в физиологическом отделе при научном руководстве директора института профессора А.Л. Поленова и академика А.А. Ухтомского. Позже, во время Великой Отечественной войны в 1942 г. К.М. Шапиро защитила кандидатскую диссертацию, в которой исследовалась возбудимость поврежденных нервных стволов. К.М. Шапиро проработала в электрофизиологической лаборатории института до 1951 г.

В 1930-е гг. стали проводиться импедансометрические исследования опухолей головного мозга [6]. Так, в интервью газете «Известия» в 1935 г. (№ 242 от 16.10.1935) заместитель директора института по научной работе профессор А.Л. Поленов отмечал, что с помощью «остроумнейшего прибора», который он назвал «электрозонд», по величине сопротивления электрическому току «можно не только отличить здоровую ткань от больной, но и определить тип опухоли» [7]. Тем не менее, следует признать, что и на сегодняшний день эта проблема еще далека от окончательного решения, но интерес к ней в институте не утрачен.

1938–1960 гг: патофизиологическая лаборатория

В 1938 г институт возглавил профессор А.Л. Поленов (1871–1947), который сместил акцент научной и практической деятельности на хирургию заболеваний и поражений центральной нервной системы. Это отразилось в названии института – он стал Ленинградским Научно-исследовательским нейрохирургическим институтом (ЛНХИ). Профессор А.Л. Поленов возглавлял институт до 1947 г. Руководство А.Л. Поленова институтом пришлось на трагичный для страны период, который вместил Советско-финляндскую (Зимнюю) войну (1939–1940), Великую Отечественную войну (1941–1945) и блокаду Ленинграда (1941–1944), а также не менее трагичный период первых послевоенных лет. Научные исследования были существенно сокращены до сугубо прикладных работ естественно-медицинской тематики.

В 1940 г. произошло слияние патофизиологической и электрофизиологической лабораторий в нейрофизиологическую, которую возглавил профессор А.А. Линдберг. Одной из основных тем научного поиска стало патофизиологическое обоснование хирургического лечения последствий травм периферической нервной системы.

В период блокады Ленинграда (8.09.1941 – 27.01.1944) институт был вынужден перебазироваться в приспособленное здание общеобразовательной школы, поскольку в сентябре 1941 г. в здание института попала авиационная бомба. Были в том числе полностью разрушены помещения физиологического сектора. Институт вернулся в историческое здание только в 1946 г., работу физиологического сектора удалось постепенно восстановить к 1948 г.

В 1947 г. после кончины академика АМН СССР профессора А.Л. Поленова ЛНХИ возглавил профессор В.Н. Шамов и руководил им до 1961 г. До 1958 г. генерал-лейтенант медицинской службы В.Н. Шамов занимал должность начальника кафедры факультетской хирургии Военно-медицинской академии им. С.М. Кирова (ВмедА) [8]. Начальником академии в 1943–1950 гг. был выдающийся отечественный физиолог, любимый ученик И.П. Павлова, академик Л.А. Орбели [8]. Решая задачи по организации фундаментальных исследований в институте, В.Н. Шамов, безусловно, опирался на мощь физиологической школы академика Л.А. Орбели, который лично оказывал постоянную консультативную помощь институту [2].

В 1949 г. ближайший ученик и соратник академика Л.А. Орбели – член-корреспондент АМН А.В. Лебединский возглавил физиологическое отделение института, которое на тот момент включало патофизиологическую, электрофизиологическую (нейрофизиологическую) лаборатории, а также лабораторию изучения условных рефлексов и вегетативной нервной системы.

Андрей Владимирович Лебединский (1902–1965) окончил ВмедА в 1924 г. Во время обучения в академии активно занимался в студенческом научном обществе на кафедре физиологии под руководством И.П. Павлова и Л.А. Орбели [10]. С 1928 по 1952 гг. прошел путь от преподавателя до начальника кафедры физиологии ВмедА [8].



Академик АМН СССР А.В. Лебединский (1902–1965)

В послевоенный период помимо основной работы «блестящий ученый и яркая личность» профессор А.В. Лебединский руководил лабораториями ряда институтов Ленинграда. С 1949 г. он возглавил в ЛНХИ физиологическое отделение теоретического сектора [9]. Под руководством А.В. Лебединского была развернута активная работа по изучению механизмов вегетативной регуляции в норме и их нарушениям при нейрохирургической патологии, изучение нейротрофической функции нервной системы [11]. Одной из важных научных задач А.В. Лебединский видел в проведении широких клиничко-нейрофизиологических исследований, направленных на решение проблемы, которую он обозначил как «нейрофизиологическая оценка нейрохирургических больных и нейрохирургических операций» [12].

Отличительной чертой всей научной деятельности А.В. Лебединского было стремление к изучению фундаментальных механизмов протекания физиологических процессов, их биофизических основ [10]. Подходя к нейрофизиологии с этих позиций, Лебединский пристальное внимание уделял проблемам биоэлектrogenеза. Благодаря его усилиям в составе физиологического отделения была создана хорошо оснащенная для своего времени электрофизиологическая лаборатория [12]. В лаборатории выполнялись электрокардиографические исследования, электроретинография, регистрация кожно-гальванической реакции. Электрофизиологические исследования проводились не только перед и после операций, но и интраоперационно.

С 1949 г. электрофизиологическая лаборатория стала оснащаться электроэнцефалографами, что позволило организовать прорывные для того времени исследования биоэлектрической активности головного мозга: выполнять длительную регистрацию электроэнцефалограммы (ЭЭГ) и проводить интраоперационную электрокортикографию

(ЭКоГ) [2, 11]. В 1950 г. была опубликована первая работа по ЭЭГ, вышедшая из стен ЛНХИ. В работе анализировалась медленная активность в перитуморозной зоне при опухолях головного мозга.

В начале 1950-х гг. при научном руководстве А.В. Лебединского научным сотрудником ЛНХИ А.А. Коханчиковой выполнялись хронаксиметрические исследования возбудимости спинальных корешков при опухолях конского хвоста, что, по сути, является прообразом современного интраоперационного тазового мониторинга.

В отделении физиологии проводились не только клиничко-физиологические исследования. При научном руководстве А.В. Лебединского в патофизиологической лаборатории, которую в то время возглавляла И.В. Введенская, выполнялись активные экспериментальные исследования будущими руководителями электрофизиологических лабораторий института: Н.П. Бехтеревой, Ю.В. Дубикайтисом и Т.С. Степановой. Ю.В. Дубикайтис изучал в эксперименте нарушения механизмов генерации биоэлектрической активности при механическом сдавлении головного мозга, Т.С. Степанова – физиологические корреляты адаптации зрительного анализатора к темноте.

В июле 1950 г. на совместной сессии АН и АМН СССР, посвященной научному наследию академика И.П. Павлова, деятельность Л.А. Орбели как крупного руководителя физиологическими исследованиями в стране была подвергнута необоснованной и несправедливой критике. Л.А. Орбели был обвинен в уклонении от «Павловской линии в науке», в отказе от проведения исследований, направленных на развитие павловского наследия [13]. Основанием для таких обвинений послужили многолетние работы академика Орбели и его школы по изучению симпатического отдела вегетативной нервной системы. Вместе с Л.А. Орбели резкой критике подверглись многие его ученики, в первую очередь – А.В. Лебединский [10]. В результате административных мероприятий, последовавших за сессией, Л.А. Орбели был отстранен от всех своих должностей [8]. А.В. Лебединский был вынужден покинуть ВМедА и переехать в Москву. В 1954 г. А.В. Лебединский возглавил Институт биофизики АМН СССР. В 1960 г. был избран академиком АМН СССР. В 1963 г. А.В. Лебединский, обладая большим научным опытом и неординарными организаторскими способностями, создал и возглавил новое научное учреждение – Институт медико-биологических проблем Минздрава СССР [9].

Несмотря на драматические последствия Павловской сессии, академик А.В. Лебединский не прекратил научное руководство физиологическими исследованиями в ЛНХИ. При его научном руководстве и консультировании были защищены несколько диссертаций. В свете решений Павловской сессии в 1950 г. был организован постоянный семинар для научных сотрудников, врачей нейрохирургов и неврологов с целью повышения образовательного уровня по нейрофизиологии и физиологии высшей нервной деятельности. Вместо запланированных нескольких лекций в 1950–1951 учебном году А.В. Лебединский в течении двух лет читал лекции, вел семинары, которые собирали неизменно полные аудитории.



Профессор Н.В. Зимкин (1899–1989)

В 1956 г. на Первой Всесоюзной конференции нейрохирургов, посвященной 30-летию ЛНХИ им. проф. А.Л. Поленова, академик А.В. Лебединский выступал с докладом «Основные направления нейрофизиологии в институте», в котором дал отчет «большого коллектива нейрофизиологов» об итогах 30-летней работы. Он отмечал: «... деятельность коллектива характеризовалась счастливой особенностью, наложившей свою печать на результаты исследований. Эта особенность заключается в удивительном взаимном проникновении исследований нейрохирурга и нейрофизиолога. В ряде случаев авторами интересных нейрофизиологических исследований оказываются клиницисты и, в то же время, итоги работы нейрофизиолога имеют непосредственный интерес для нейрохирурга» [12].

В 1954–1959 гг. лабораторию патофизиологии возглавлял другой ученик академика Л.А. Орбели – профессор Н.В. Зимкин [8, 14]. Николай Васильевич Зимкин (1899–1989) окончил ВМедА в 1926 г. Еще будучи слушателем академии активно занимался в научном кружке при кафедре физиологии под руководством И.П. Павлова и Л.А. Орбели [10]. С 1929 по 1947 гг. служил на преподавательских должностях кафедры физиологии академии. В 1943 г защитил докторскую диссертацию под руководством Л.А. Орбели, но основной материал был собран под руководством академика И.П. Павлова [15]. В.Н. Зимкин обладал чрезвычайно широкой научной эрудицией: исследовал структурно-функциональную организацию условных рефлексов, внес огромный вклад в клиническую физиологию работами по изучению механизмов вегетативной регуляции и их нарушений при заболеваниях нервной системы, стал одним из основоположников отечественной физиологии спорта.

Заключение

Достигнутый в период 1920–30-х гг. уровень теоретических исследований и клинического применения электрофизиологических методов доказал правильность принятого в 1925 г. решения о создании в структуре института самостоятельного физиологического отделения. Нейрохирургия с первых шагов формировалась в неразрывном союзе с интраоперационной нейрофизиологией, история которой берет свое начало с применения электрофизиологических методов в хирургии периферической нервной системы. Датой формирования самостоятельного электрофизиологического направления в научной деятельности института является 1936 г. Организатор и первый руководитель физиологического отдела академик А.Д. Сперанский воспитал самостоятельную физиологическую школу, «смело искавшей новые закономерности» [12]. Академик А.В. Лебединский, как ученый, принадлежащий к физиологической школе Павлова-Орбели, развил в институте клиничко-физиологическое направление, что позволило институту в 1950-е гг. занять одно из лидирующих мест как в области нормальной, так и патологической нейрофизиологии.

Список литературы / References

1. Кунките М.И. Институт хирургической невропатологии в системе ленинградского здравоохранения 1920–30-х гг. / Под ред. М.И. Кунките. Санкт-Петербург: 2019. 303 с.
Kunkite M.I. The Institute of Surgical Neuropathology in the Leningrad Healthcare System of the 1920s and 1930s / Ed. by M.I. Kunkite. St. Petersburg, 2019. 303 p. (In Russ.)
2. Российский научно-исследовательский институт им. проф. А.Л. Поленова (1926–2001). Итоги и перспективы научной и практической деятельности / Под ред. В. П. Берснева. Санкт-Петербург: Эскулап, 2003. 576 с.
Russian Research Institute named after Prof. A. L. Polenov (1926–2001). Results and Prospects of Scientific and Practical Activities, ed. by V.P. Bersnev. St. Petersburg: Esculap, 2003. 576 p. (In Russ.)
3. Делицына Н.С., Магаева С.В., Карганов М.Ю. Академик Алексей Дмитриевич Сперанский: к 130-летию со дня рождения и 75-летию основания Научно-исследовательского института общей патологии и патофизиологии / Н.С. Делицына, С.В. Магаева, М.Ю. Карганов, М.: Российская академия наук, 2019. 113 с.
Delitsyna N.S., Magaeva S.V., Karganov M.Yu. Academician Alexey Dmitrievich Speransky: On the 130th Anniversary of His Birth and the 75th Anniversary of the Research Institute of General Pathology and Pathophysiology / N.S. Delitsyna, S.V. Magaeva, M.Yu. Karganov, M.: Russian Academy of Sciences, 2019. 113 p. (In Russ.)
4. Сперанский А.Д. Элементы построения теории медицины. М. – Л.: Издательство Всесоюзного института экспериментальной медицины, 1935. 344 с.
Speransky A.D. Elements of the Theory of Medicine. Moscow-Leningrad: Publishing House of the All-Union Institute of Experimental Medicine, 1935. 344 p. (In Russ.)
5. Молютков А.Г. Новый метод хирургического лечения болей, двигательных, трофических и вазомоторных расстройств // Труды XX съезда русских хирургов. М., 1929. С. 134–142.
Molotkov A.G. A New Method of Surgical Treatment of Pain, Motor, Trophic, and Vasomotor Disorders // Proceedings of the 20th Congress of Russian Surgeons. M., 1929. Pp. 134–142. (In Russ.)
6. Поленов А.Л., Васкин И.С., Сельков Е.А. Опыт применения электрозонда (омметрии) в диагностике опухолей головного мозга на операционном столе // Современная хирургия. 1934. (VII). С. 72–85.
Polenov A.L., Vaskin I.S. and Selkov E.A. Experience in the Use of an Electroprobe (Omometry) in the Diagnosis of Brain Tumors on the Operating Table // Modern Surgery. 1934. (VII). Pp. 72–85. (In Russ.)
7. Поленов А. Новое в хирургии центральной нервной системы // Известия. 1935. С. 4.
Polenov A. New in Surgery of the Central Nervous System // Izvestia. 1935. P. 4.
8. Профессора Военно-медицинской медико-хирургической академии. 3-е изд. Санкт-Петербург: Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова, 2023. 710 с.
Professors of the Military Medical and Surgical Academy. 3rd Edition. St. Petersburg: S.M. Kirov Military Medical Academy, 2023. 710 p. (In Russ.)
9. Памяти Андрея Владимировича Лебединского // Атомная энергия. 1965. № 4 (18). С. 360, вкл. 1.
In memory of Andrey Vladimirovich Lebedinsky // Atomic Energy. 1965. No. 4 (18). P. 360, incl. 1. (In Russ.)
10. Лебединский А.В., Мозжухин А.С. Очерки по истории кафедры физиологии Военно-медицинской Академии. Л.: б.и., 1971. 168 с.
Lebedinsky A.V., and Mozhukhin A.S. Essays on the History of the Department of Physiology at the Military Medical Academy. Leningrad: n.p., 1971. 168 p. (In Russ.)
11. Ленинградский ордена Трудового Красного Знамени научно-исследовательский нейрохирургический институт им. проф. А. Л. Поленова / Под ред. Г.С. Тиглиева, Е.Н. Кондакова, В.А. Самоткина, Ленинград: Изд.: ЛНХИ им. проф. А.Л. Поленова, 1986. 32 с.

Leningrad Order of the Red Banner of Labor Research Neurosurgical Institute named after Professor A.L. Polenov / ed. by G.S. Tigliev, E.N. Kondakov, and V.A. Samotokin, L.: Leningrad Research Neurosurgical Institute named after Professor A. L. Polenov, 1986. 32 p. (In Russ.)

12. Лебединский А.В. Основные направления нейрофизиологии в институте // Материалы Первой Всесоюзной конференции нейрохирургов, посвященной 30-летию ЛНХИ им. проф. А.А. Поленова. Л., 1956. С. 18–19. Lebedinsky A.V. Main Directions of Neurophysiology at the Institute. Proceedings of the First All-Union Conference of Neurosurgeons Dedicated to the 30th Anniversary of the Leningrad Research Neurosurgical Institute named after Professor A.L. Polenov. L., 1956, pp. 18–19. (In Russ.)
13. Научная сессия, посвященная проблемам физиологического учения академика И.П. Павлова, 28 июня – 4 июля 1950 г. Стенографический отчет. М.: Изд-во АН СССР, 1950. 728 с.

Scientific session dedicated to the problems of the physiological teachings of Academician I.P. Pavlov, June 28 – July 4, 1950. Verbatim report. M.: USSR Academy of Sciences, 1950. 728 p. (In Russ.)

14. Бехтерева Н.П. . Биопотенциалы больших полушарий головного мозга при супратенториальных опухолях. Л.: Медгиз, 1960. 188 с. Bekhtereva, N.P. Biopotentials of the Cerebral Hemispheres in Supratentorial Tumors. L.: Medgiz, 1960. 188 p. (In Russ.)
15. Сапов И.А. Физиологические школы Военно-медицинской (Медико-хирургической) академии. СПб: Наука, 1998. 82 с. Sapov I.A. Physiological Schools of the Military Medical (Medical-Surgical) Academy. St. Petersburg: Nauka, 1998. 82 p. (In Russ.)

Благодарность

Авторы выражают глубокую признательность Марии Йоновне Кунките – профессиональному историку, специалисту организационно-методического отдела РНХИ им. проф. А.А. Поленова.

Статья поступила / Received 03.03.2026
Получена после рецензирования / Revised 10.03.2026
Принята в печать / Accepted 10.03.2026

Информация об авторах

Александров М.В. – д.м.н., профессор, заведующий отделением клинической нейрофизиологии
ORCID ID 0000-0002-9935-3249

Костенко И.А. – к.м.н., заведующая кабинетом нейроркогнитивных исследований отделения клинической нейрофизиологии
ORCID ID 0000-0002-9527-8309

Топоркова О.А. – к.м.н., заведующая кабинетом электронейромиографии отделения клинической нейрофизиологии,
ORCID ID 0000-0003-1522-0850

ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр им. В.А. Алмазова» Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия

Контактная информация:

Александров М.В. E-mail: mdoktor@yandex.ru

Author information

M.V. Aleksandrov – Dr. of Medicine, Professor, Head of the Clinical Neurophysiology Department
ORCID ID 0000-0002-9935-3249

I.A. Kostenko – Ph.D. in Medicine, Head of the Neurocognitive Research Office of the Clinical Neurophysiology Department
ORCID ID 0000-0002-9527-8309

O.A. Toporkova – Ph.D. in Medicine, Head of the Electroneuromyography Office of the Clinical Neurophysiology Department
ORCID ID 0000-0003-1522-0850

Federal State Budget Institution Almazov National Medical Research Center of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Saint Petersburg, Russia

Contact information

M.V. Aleksandrov. E-mail: mdoktor@yandex.ru

Для цитирования: Александров М.В., Костенко И.А., Топоркова О.А. Нейрофизиологическая школа Российского научно-исследовательского нейрохирургического института имени профессора А.А. Поленова: первые 100 лет. Часть 1. Медицинский алфавит. 2026;(6):48–53. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2026-6-48-53>

For citation: Aleksandrov M.V., Kostenko I.A., Toporkova O.A. The Neurophysiological School of the Polenov Russian Research Neurosurgical Institute: The First 100 Years. Part 1. Medical alphabet. 2026;(6):48–53. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2026-6-48-53>



IX Всероссийская научно-практическая конференция Российской ассоциации специалистов функциональной диагностики «Актуальные вопросы функциональной и ультразвуковой диагностики»

30–31 октября 2025 г. года в Нижнем Новгороде состоялась конференция РАСФД «Актуальные вопросы функциональной и ультразвуковой диагностики»

Организаторами конференции вместе с РАСФД выступили Министерство здравоохранения Нижегородской области, Приволжский исследовательский медицинский университет МОНИКИ им. М.Ф. Владимирского, РМАНПО, Академия последипломного образования ФГБУ ФНКЦ ФМБА России, ПОМЦ ФМБА России, РОХМиНЭ (г. Москва). Генеральный партнер конференции – компания VPlab. В рамках программы состоялась выставка медицинских изделий для функциональной диагностики, в которой приняли участие компании и партнеры Белинтелмед (г. Минск), БТЛ, Эмера, Лидер, Шиллер (г. Москва), Инкарт, ТД, Ланамедика (г. Санкт Петербург), Нейрософт (г. Иваново), НИМП ЕСН, Петр Телегин (г. Нижний Новгород), информационные партнеры: Mediamedica, Big-book-med.ru, Consilium medicum, OmniDoctor, Профмедпресс, инновационная фармакотерапия, Медицинский алфавит, Кто есть кто в медицине, журнал Поликлиника, издательский дом Русский врач.

Накануне предварял конференцию организованный компанией VPlab внеочередной симпозиум «Что нового дает и какие диагностические ошибки исключает современная объемная сфигмография». С докладами выступили Рогоза А.Р., Заирова А.Р., Гайдышев А.Э., Починка И.Г., Батрак Г.А. Тема симпозиума вызвала огромный интерес,

подтверждающий необходимость более активного использования метода объемной сфигмографии в обследованиях населения.

В течение двух дней конференции было проведено 18 заседаний по наиболее важным темам специальности. Основной упор был сделан на тему функциональных исследований в педиатрии. Заседания «Актуальные вопросы электрокардиологии и СМАД» и «Особенности ЭКГ и холтеровского мониторирования у детей», сформированные Макаровым Л.М., Комолятовой В.Н. (г. Москва), Балыковой Л.А. (г. Саранск), Колбасовой Е.В. (г. Нижний Новгород), Кораблевой Н.Н. (г. Сыктывкар), Медведевым М.М. (г. Санкт Петербург), были полностью посвящены детской тематике. С темами докладов по функциональной диагностике заболеваний детского возраста выступили: Макаров Л.М., Комолятова В.Н., Стручков П.В., Павлов В.И., Фролов В.М. (г. Москва), Балыкова Л.А., Ивянский С.А. (г. Саранск), Строкина О.А. (г. Кострома), Карпович Е.И., Смирнова А.Ю., Войтенков В.Б., Чернова А.Ю. (г. Санкт-Петербург), Сухова М.Б. (г. Нижний Новгород). Заседания прошли в теплой и дружеской атмосфере. В заключении состоялся мастер-класс по оказанию первой и экстренной медицинской помощи при внезапной остановке сердца (Попов О.Ю., г. Москва).



РАСФД благодарит всех участников конференции, а также технического партнера конференции компанию «Триалог» за успешное проведение конференции.