

Серии научно-практических рецензируемых журналов



Медицинский алфавит

№15/2023



Modern Functional
DIAGNOSTICS

MEDICAL ALPHABET
Russian Professional Medical Journal

Современная
ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ
ДИАГНОСТИКА (2)

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 «Альфамед»

+7 (495) 616-48-00

medalfavit@mail.ru

Россия, 129515, Москва, а/я 94

Учредитель и главный редактор издательства

Татьяна Владимировна Синецка

Адрес редакции

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

Главный редактор журнала

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

Руководитель проекта «Современная функциональная диагностика»

Sfd.ma@list.ru

Технический редактор

Александр Сергеевич Савельев

Руководитель отдела продвижения, распространения и выставочной деятельности

Борис Борисович Будович

medalfavit_pr@mail.ru

Журнал включен в Перечень ВАК.

Публикуемые материалы могут
не отражать точку зрения редакции.

Исключительные (имущественные)

права с момента получения

материалов принадлежат редакции

журнала «Медицинский алфавит».

Любое воспроизведение материалов

и иллюстраций допускается

с письменного разрешения издателя

и указанием ссылки на журнал.

Редакция не несет ответственности

за содержание рекламных материалов.

К публикации принимаются статьи,

подготовленные в соответствии

с правилами редакции.

За точность сведений об авторах,

правильность цитат и библиографических

данных ответственность несут авторы.

В научной электронной библиотеке

elibrary.ru доступны полные тексты статей.

Каждой статье присвоен идентификатор

цифрового объекта DOI.

Журнал зарегистрирован Министерством

РФ по делам печати, телерадиовещания

и средств массовых коммуникаций.

Свидетельство о регистрации средства

массовой информации

ПИ № 77-11514 от 04.01.2002.

Подписка: на портале

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

«Почта России», «Урал-Пресс» индекс

014517.

Периодичность: 35 номеров в год.

Подписано в печать 22.05.2023.

Формат А4. Цена договорная.

© Медицинский алфавит, 2023

Содержание

- 9 Когерентный анализ в электроэнцефалографии. Методические проблемы вычисления когерентностей в ЭЭГ, вариантов их наглядного отображения и клинической интерпретации (лекция вторая)
Л. Б. Иванов, Е. Л. Машеров
- 18 Характеристика биоэлектрической активности гиппокампального комплекса при фармакорезистентной мезиальной эпилепсии
С. Э. Васина, М. М. Тастанбеков, А. М. Александров, А. А. Чухловин, Г. В. Одицова, М. В. Александров
- 24 Изменение параметров альфа-ритма при использовании методики кистевого теппинга у больных с генерализованной генетической эпилепсией
Е. А. Народова, Н. А. Шнайдер, В. В. Народова
- 28 Трехмерный векторный анализ ЭКГ в диагностике блокады передневерхней ветви левой ножки пучка Гиса
Ю. Э. Терезулов, Е. А. Ацель, С. Ф. Ганиева, Е. Т. Терезулова, М. С. Максимова, А. Ю. Терезулов, З. А. Камалетдинова
- 36 Метод динамической одномоментной доплерографии коронарного и церебрального кровотока с анализом эффективности пантовой бальнеологической терапии у пациентов с артериальной гипертензией
В. А. Авхименко, А. Б. Тривоженко, О. В. Гребенюк
- 41 Возможность применения оценки продольной систолической деформации левого желудочка при стресс-эхокардиографии с чреспищеводной стимуляцией предсердий. Клинический пример
Л. Н. Антонова, М. Н. Алехин
- 45 Speckle-tracking эхокардиография при коронавирусной инфекции
А. С. Иванова, Л. А. Титова
- 49 Возможности тепловизионной диагностики острого риносинусита программными средствами в режиме автоматического анализа термограмм
И. М. Долгов, Ю. В. Карамышев, И. С. Железняк, А. А. Карамышева, А. И. Махновский, Д. Н. Хриповский
- 58 Подписка

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

- | | | | |
|--------|---|--------|---|
| 3.1.4 | Акушерство и гинекология (медицинские науки); | 3.1.17 | Психиатрия и наркология (медицинские науки); |
| 3.1.6 | Онкология, лучевая терапия (медицинские науки); | 3.1.19 | Эндокринология (медицинские науки); |
| 3.1.7 | Хирургия (медицинские науки); | 3.1.21 | Педиатрия (медицинские науки); |
| 3.1.9 | Стоматология (медицинские науки); | 3.1.22 | Инфекционные болезни (медицинские науки); |
| 3.1.18 | Внутренние болезни (медицинские науки); | 3.1.25 | Лучевая диагностика (медицинские науки); |
| 3.1.20 | Кардиология (медицинские науки); | 3.1.30 | Гастроэнтерология и диетология (медицинские науки); |
| 3.1.23 | Дерматовенерология (медицинские науки); | 3.1.33 | Восстановительная медицина, спортивная медицина, лечебная физкультура, курортология и физиотерапия (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); | | |

В связи с продвижением контента журнала в международном научном сообществе и расширением его индексирования в метрических 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 Sinitska

Alfmed Publishing

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

medalfavit@mail.ru

Box 94, Moscow, 129515, Russia

Editorial Office

Office 720, Bldg. 1, 13 Academician

Korolev Str., Moscow, Russia

Editor-in-Chief

Sergey S. Petricov,

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

Prof.

"Morden Functional
Diagnostics"

Project Manager

Sfd.ma@list.ru

Technical Editor

Alexander Savelyev

Promotion and Distribution

Boris Budovich

medalfavit_pr@mail.ru

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

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

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

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

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

Frequency of publication:

35 issues per year.

Subscription: podpiska.ma@mail.ru

Free price.

Signed for press: 22 May 2023.

© 2023 Medical Alphabet

Contents

- 9 **Coherence analysis in electroencephalography. Methodological problems of calculating coherences in the EEG, options for their visualization and clinical interpretation (lecture two)**
L. B. Ivanov, E. L. Masharov
- 18 **Characteristics of bioelectric activity in hippocampal region in drug-resistant mesial epilepsy**
S. E. Vasina, M. M. Tastanbekov, A. M. Aleksandrov, A. A. Chukhlov, G. V. Odintsova, M. V. Aleksandrov
- 24 **Changes in alpha rhythm parameters when using the wrist tapping method in patients with generalized genetic epilepsy**
E. A. Narodova, N. A. Shnayder, V. V. Narodova
- 28 **Three-dimensional vector ECG analysis in the diagnosis of the left anterior fascicular block**
Yu. E. Teregulov, E. A. Atsel, S. F. Ganieva, E. T. Teregulova, M. S. Maksimova, A. Yu. Teregulov, Z. A. Kamaletdinova
- 36 **Method of dynamic one-stage Dopplerography of coronary and cerebral blood flow with analysis of efficiency of antler balneotherapy in patients with arterial hypertension**
V. A. Avkhimenko, A. B. Trivozhenko, O. V. Grebenyuk
- 41 **Feasibility of the assessment of longitudinal systolic deformation of the left ventricle in transesophageal atrial pacing stress echocardiography. Clinical case**
L. N. Antonova, M. N. Alekhin
- 45 **Speckle-tracking echocardiography in coronavirus infection**
A. S. Ivanova, L. A. Titova
- 49 **Advance Thermography diagnostics: automatic algorithm to find out acute sinusitis**
I. M. Dolgov, Y. V. Karamyshev, I. S. Zheleznyak, A. A. Karamysheva, A. I. Makhnovsky, D. N. Khriupkovskiy
- 58 **Subscription**

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

- | | | | |
|--------|---|--------|---|
| 3.1.4 | Obstetrics and Gynecology (Medical sciences); | 3.1.17 | Psychiatry and Narcology (Medical sciences); |
| 3.1.6 | Oncology, radiation therapy (Medical sciences); | 3.1.19 | Endocrinology (Medical sciences); |
| 3.1.7 | Dentistry (Medical sciences); | 3.1.21 | Pediatrics (Medical sciences); |
| 3.1.9 | Surgery (Medical sciences); | 3.1.22 | Infectious Diseases (Medical sciences); |
| 3.1.18 | Internal medicine (Medical sciences); | 3.1.25 | Radiation Diagnostics (Medical sciences); |
| 3.1.20 | Cardiology (Medical sciences); | 3.1.30 | Gastroenterology and Dietology (Medical sciences); |
| 3.1.23 | Dermatovenereology (Medical sciences); | 3.1.33 | Rehabilitation Medicine, Sports Medicine, Exercise Therapy, Balneology and Physiotherapy (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); | | |

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., член-корр РАН,
директор ГБУЗ «НИИ СП им. Н.В. Склифосовского ДЗМ»

Редакционный совет журнала

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Редакционная коллегия серии «Современная функциональная диагностика»

Главный редактор серии «Современная функциональная диагностика»

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

Заместители главного редактора

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

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

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

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

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

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

Иванов Лев Борисович, к.м.н. (Москва)

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Шнайдер Наталья Алексеевна, д.м.н., проф. (г. Санкт-Петербург)

Editor-in-Chief

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

Editorial Board

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Editorial board of the series 'Modern functional diagnostics'

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

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

Deputy editors-in-chief

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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



VI Международный конгресс,
посвященный А.Ф. Самойлову
**ФУНДАМЕНТАЛЬНАЯ
И КЛИНИЧЕСКАЯ ЭЛЕКТРОФИЗИОЛОГИЯ.
АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ
СОВРЕМЕННОЙ МЕДИЦИНЫ**
6-7 апреля 2023 г., г. Казань



**6–7 апреля 2023 года состоялся VI Международный конгресс,
посвященный А. Ф. Самойлову,
«Фундаментальная и клиническая электрофизиология.
Актуальные вопросы современной медицины»**

Конгресс прошёл в смешанном формате: очно на площадке КГМА — филиала ФГБОУ ДПО РМАНПО Минздрава России с онлайн-трансляцией на сайте мероприятия и собрал в общей сложности очно и онлайн более 700 специалистов со всей России и ближнего зарубежья.

5 апреля 2023 года прошёл конкурс работ молодых ученых, на котором молодые специалисты представили свои работы в двух категориях: фундаментальные и клинические исследования. На церемонии открытия конгресса лётчик-космонавт СССР, Герой Советского Союза, академик РАН Атьков Олег Юрьевич наградил победителей конкурса дипломами и ценными подарками.

В рамках мероприятия прошли секционные заседания по таким направлениям, как интервенционная кардиология и аритмология, клиническая нейрофизиология, функциональная диагностика, ультразвуковые методы исследования сердечно-сосудистой системы,

отоларингология, сомнология. Особое внимание было сосредоточено на обсуждении вопросов цифрового здравоохранения и искусственного интеллекта.

В рамках Конгресса традиционно состоялась IV Международная конференция «Медицина плода», объединяющая специалистов в области фетальной диагностики. Из секции в программе Конгресса Медицина плода выросла в полноценную конференцию, которая в этом году прошла на площадке Образовательного центра высоких медицинских технологий AMTEC KAZAN.

На площадке КГМА и AMTEC KAZAN прошли очные выставки компаний-разработчиков и производителей оборудования, лекарственных препаратов и IT-решений для функциональной диагностики, а также оборудования и технологий для фетальной диагностики. Партнерами мероприятия выступили компании Vitappio, ООО «МТП», ООО «Нейрософт», ООО «Медикана Фарм», Samsung Medison, Mindray Medical.



26–27 апреля 2023 года в г. Ярославле состоялся 24-й Конгресс РОХМинЭ, 16-й Всероссийский конгресс «Клиническая электрокардиология» и IX Всероссийская конференция детских кардиологов ФМБА России

Конгресс прошёл в смешанном формате и собрал в общей сложности очно и онлайн более 400 специалистов со всей России и ближнего зарубежья. В Конгрессе приняли участие кардиологи, врачи функциональной диагностики, педиатры, спортивные врачи, детские кардиологи и терапевты.

Организационный комитет особо благодарит руководство Ярославского государственного медицинского университета за помощь в подготовке и проведении мероприятия.

В рамках конгресса прошли заседания по артериальной гипертензии, диагностике ИБС, диагностике синкопальных состояний, нарушениям ритма сердца, спортивной кардиологии.

Заседания IX Всероссийской конференции детских кардиологов ФМБА России были органично встроены в программу. Традиционно большой интерес специалистов вызвал мастер-класс «Международные стандарты по проведению базовой сердечно-легочной реанимации и автоматической наружной дефибриляции у взрослых и детей».

В этом году выставка оборудования для электрокардиологии прошла в очном формате. Специалисты, присутствовавшие на площадке мероприятия могли познакомиться с современной медицинской техникой, задать лично вопросы представителям компаний. Партнерами мероприятия выступили компании GE Healthcare, ДМС и Schiller.



Когерентный анализ в электроэнцефалографии. Методические проблемы вычисления когерентностей в ЭЭГ, вариантов их наглядного отображения и клинической интерпретации (лекция вторая)

Л. Б. Иванов¹, Е. Л. Машеров²

¹ КДЦ при Детской городской клинической больницы № 9 имени Г.Н. Сперанского, Москва

² ФГАУ НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н.Н. Бурденко МЗ РФ

РЕЗЮМЕ

Проведен анализ неточностей в программных продуктах разных производителей по представлению показателей когерентности ЭЭГ, изложена детально сущность проблемы. Авторы особо обозначили зависимость количественных показателей когерентности в зависимости от режимных условий их вычисления. Проанализированы варианты наглядного отображения полученных в зависимости от целей исследования. Предложен оптимальный вариант топографического картирования значений когерентностей и алгоритм их клинической интерпретации.

Coherence analysis in electroencephalography. Methodological problems of calculating coherences in the EEG, options for their visualization and clinical interpretation (lecture two)

L. B. Ivanov, E. L. Masherov

¹ Children's City Clinical Hospital No. 9 named after G. N. Speransky, Moscow City Health Department

² National Medical Research Center for Neurosurgery named after Academician N. N. Burdenko is the leading neurosurgical facility in Russia

SUMMARY

The analysis of inaccuracies in software products of different manufacturers on the presentation of EEG coherence indicators was carried out, the essence of the problem was described in detail. The authors specifically marked the dependence of quantitative indicators of coherence depending on the regime conditions for their calculation. Variants of visual display of the results obtained depending on the objectives of the study are analyzed. An optimal variant of topographic mapping of coherence values and an algorithm for their clinical interpretation are proposed.

Если в предшествующей лекции мы пытались понять, правомочность применения самой идеи использования когерентного анализа в практике электроэнцефалографии, то в этой — мы попробуем разобраться в путанице методических вариантов количественных параметров внутриполусферных связей их анализа и интерпретации, начиная с:

- 1) анализа «достоверности» вычисленных значений когерентности,
- 2) вариантов наглядного отображения их на конвексии черепа,
- 3) интерпретации полученных данных и осознания факта полезности этой информации для практического нейрофизиолога.

«ДОСТОВЕРНОСТЬ» ВЫЧИСЛЕННЫХ ЗНАЧЕНИЙ КОГЕРЕНТНОСТИ

Для математика выделение такого подзаголовка покажется нелепым. И это понятно, поскольку уровень образования его таков, что ему заранее известно, что и как может повлиять на конечную величину вычисляемого параметра, которая зависит от ряда сопутствующих режимных условий и способа вычисления. Для практических врачей, клинических нейрофизиологов, сам факт того что

величина когерентности зависит еще и от каких-то условий вычисления это полная неожиданность. Они не знали и не подозревали, что можно с одной и той же записи ЭЭГ получить цифровые величины когерентности существенно отличающиеся друг от друга.

Разберем несколько вариантов режимных условий, которые оказывают влияние на получение количественных значений, вычисляемой когерентности. В принципе эти условия такие же, которые мы ранее разбирали для спектра мощности [5];

- 1) Выбранное число точек быстрого преобразования Фурье (БПФ) для фрагмента ЭЭГ,
- 2) Частота дискретизации усилителя электроэнцефалографа,
- 3) Суммарная длина эпох анализа ЭЭГ,
- 4) Используемый коэффициент сглаживания.

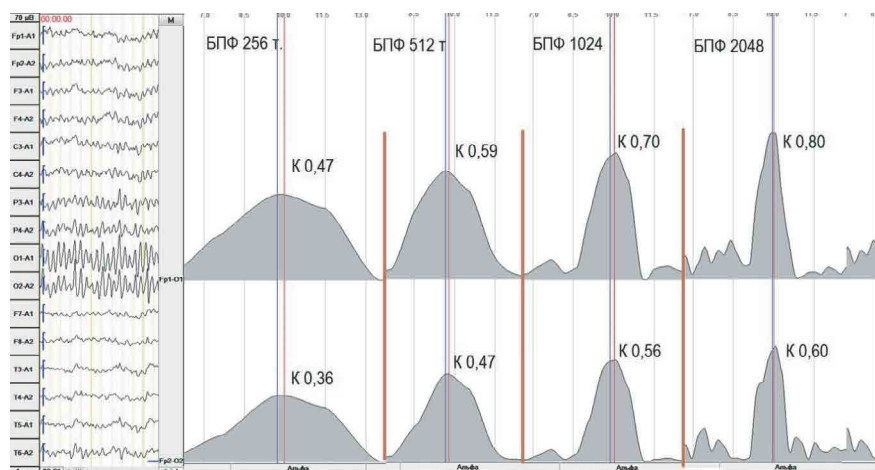
Как и в построении графиков спектра мощности, выбранное число точек БПФ существенно влияет на конечную величину вычисляемого параметра. Соотношение частоты опроса и числа точек преобразования Фурье даёт шаг шкалы по частоте — взяв 2048 Гц и частоту опроса 256 точек Фурье, получим шаг 8 Гц, шире большинства частотных диапазонов, а при частоте опроса 256 Гц

и 2048 точках в преобразовании Фурье шаг шкалы будет 0.25 Гц. В первом случае мы рискуем вообще ничего не увидеть на графике, во втором у нас будет красивый график со множеством пиков, из которых, увы, большинство будет отражать лишь шум и погрешности (рис. 1). В большинстве программных продуктов, разработчики по своему усмотрению выбирают, как им кажется, «оптимальный» вариант количества точек для эпохи анализа на фрагменты равной длины (условие необходимое для вычисления, как спектра мощности, так и спектра когерентности). Это объяснимо, если в программе заложена функция фиксированной длины анализируемой эпохи. Однако, в практической работе, получить фиксированные эпохи всегда удовлетворительного качества записи удается редко (двигательная расторможенность, тикозные гиперкинезы и тд) поэтому, чтобы набрать необходимой длительности фрагмент ЭЭГ для анализа приходится суммировать множество отрезков разной длительности и в зависимости от этой общей длительности эпохи приходится выбирать подходящую длину фрагментов по количеству точек быстрого преобразования Фурье. К сожалению, в большинстве брендовых программ эта функция произвольного выбора отсутствует (приятное исключение программа МБН-Нейрокартограф, фирмы МБН). Зависимость вычисленной величины когерентности от числа точек БПФ представлена на рис. 1.

Влияние таких режимных условий, как частота опроса усилителя ЭЭГ и суммарная длительность анализируемого фрагмента ЭЭГ и коэффициента сглаживания для вычисления величин когерентности фактически сходны с вычислением величин мощности [4], но с той разницей, что достоверность и стабильность вычисления когерентности существенно возрастают в более продолжительных фрагментах особенно, когда предпочтение отдается медленной компоненте ЭЭГ (дельта и тета волнам).

Поскольку, как показано на рисунке 1, в зависимости от выбранного количества точек, вычисленная величина когерентности может существенно варьировать, то возникает вопрос: а какое из этих значение «правильное», какое из них нужно выбрать?

Рисунок 1. Выбранное число точек при выполнении БПФ существенно влияет на конфигурацию спектра когерентности и конечную величину вычисляемого параметра



Ответ таков: «Правильные» все для данного режимного условия вычисления. Что касается практических рекомендаций для интерпретационного использования, то пользователь должен сам для себя определиться на какие режимные условия настраивать свою программу и в дальнейшем их применять, чтобы можно было оценивать состояние внутримозговых связей в динамике.

Хотя результаты при различных установках параметров могут различаться, при повторных исследованиях на тех же установках отклонения будут приблизительно теми же, и результат сравнения от них зависеть не будет. Целесообразнее не пытаться подбирать наилучшие параметры под каждое исследование, а сохранить сопоставимость, работая на одних и тех же значениях.

Поскольку во всех своих предшествующих публикациях по использованию когерентности в практической электроэнцефалографии мы для вычисления показателей когерентности доминирующей частоты основного ритма при тактовой частоте усилителя 500 Гц в анализируемом фрагменте ЭЭГ суммарной длительностью в пределах 30–60 секунд использовали изначально количество точек БПФ равное 512, то с целью воспроизводимости результатов исследования этих режимных условий и придерживались. Соблюдение этого позволяет получать воспроизводимые результаты и объективно сопоставлять с данными исследований выполненных в разное время.

В случаях, если эксплуатируемый усилитель ЭЭГ имеет более высокую частоту дискретизации, например 2000 Гц или 5000 Гц, выбор точек БПФ следует сместить в сторону их увеличения до 1024 или 2048. Напомним, что теоретически достаточно брать частоту опроса вдвое выше, чем максимальная исследуемая частота. Практика, однако требует брать с запасом и предварительно удалить колебания с частотой выше половины частоты опроса, иначе они будут приняты за более низкочастотные. Производители аппаратуры зачастую экономят на надёжных, но требующих проверки и регулировки аналоговых фильтрах, а вместо этого сильно завышают частоту опроса, что позволяет ставить дешёвые, с сильно отличающимися от номинала и «плавающими» в зависимости от температуры, влажности, срока службы элементы фильтров.

Но так как эти колебания параметров заведомо лежат между максимальной интересующей частотой и половиной частоты опроса (частотой Котельникова), эти изменения не приводят к ошибкам. Точная же настройка на заданную полосу пропускания производится цифровой обработкой

Если в используемом программном продукте не предусмотрена возможность выбора нужного числа БПФ, чтобы можно было сравнить свои данные с результатами из литературных источников, то пользователь должен требовать от производителя информацию о режимных условиях вычисления когерентности.

Следует сказать, что такая педантичность в соблюдении единых условий вычисления когерентности имеет смысл лишь при работе с максимальными значениями конкретной частоты, как правило, доминирующего ритма. Для вычисления средней когерентности диапазона или всех диапазонов, проблем с подбором точек БПФ не существует, так как сумма когерентностей каждой отдельной частоты нивелирует высокую их вариабельность.

Суммарная длина анализируемого участка ЭЭГ для вычисления когерентности имеет еще больше значение, чем для спектрального анализа мощности, поскольку функция когерентности исследуется во времени по повторяемости событий (величин амплитуд и фаз колебаний). Чем короче эпоха анализа, тем вариабельнее будут результаты вычисления. Эмпирически установлено, что если суммарная эпоха короче 30 секунд, то медленная составляющая (дельта-ритм и в какой-то степени тета-ритм) при повторном воспроизведении вычисления в нескольких суммарных эпохах будут иметь случайные значения. Для альфа- и особенно бета-диапазонов фрагмент ЭЭГ такой длины анализа достаточен. Это легко понять, заметив, что чем ниже частота, тем меньше в данном отрезке сигнала помещается колебаний этой частоты.

ВЫЧИСЛЯЕМЫЕ ПАРАМЕТРЫ

Параметров можно придумать бесконечно много. По данным литературы в основном используются: средняя когерентность, максимальная (мгновенная) когерентность и среднелокальная когерентность.

Средняя когерентность — это количественный показатель внутримозговой интеграции электрических процессов, вычисленный в рамках какого-то частотного диапазона для каждой пары отведений.

Средняя когерентность для внутри- и межполушарных пар отведений предлагается в трех вариантах. Первый вариант, когда средняя когерентность включает суммарно все диапазоны дельта, тета, альфа и бета по [1], а второй — суммарный диапазон от 1 до 16 Гц [3]. Во втором варианте бета диапазон исключен сознательно, поскольку было обращено внимание, что он имеет отдельное функциональное значение и изменяется (снижается или повышается) часто разнонаправленно по сравнению с медленными частотами...

Максимальная (мгновенная) когерентность доминирующей частоты основного ритма имеет свою отдельную практическую нишу. Она измеряется по наивысшей точке спектрального графика в альфа-диапазоне.

Средняя и максимальная когерентность имеют свое отличающееся самостоятельное диагностическое значение и свидетельствуют о разных функциональных состояниях головного мозга. Так изменение показателей средней когерентности и их пространственное перераспределение наиболее информативны, к примеру, при синдроме дефицита внимания, паросомниях, тикозных гиперкинезах, в то время как при других расстройствах более показательными являются значения максимальной когерентности, например при синдроме повышенной тревожности. В этом случае отмечается их рост, свидетельствующий об аномально избыточной пространственной синхронизации основного ритма.

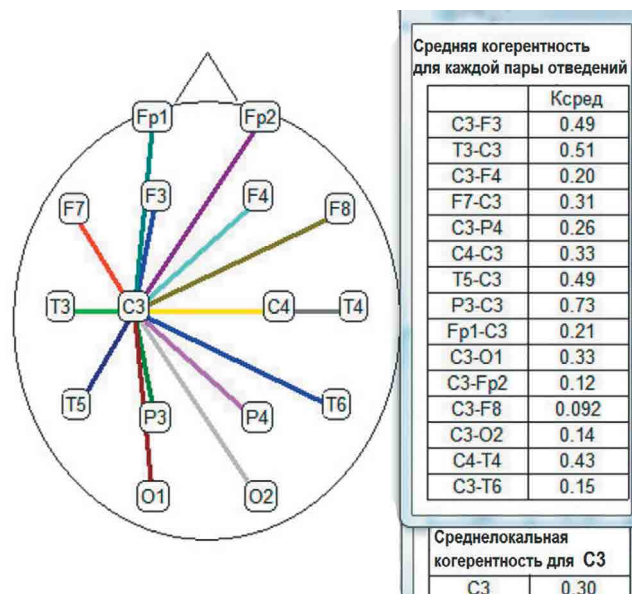


Рисунок 2. Схематическое отображение среднелокальной когерентности под электродом C3 (одно количественное значение) в сравнении с когерентностью всех пар отведений с C3 отведениями (15 количественных значений)

Среднелокальная когерентность — это количественный показатель внутримозговых связей каждого отдельного отведения со всеми другими (рис. 2) Предложен такой вариант вычисления когерентности Мисюк Н. Н. с соавт. [3, 9] и реализован в программе фирмы Мицар (С.-Петербург). К сожалению, в этой программе этот показатель ошибочно обозначен как «Средняя когерентность». Поскольку в литературе этот термин «средняя когерентность» уже занят несколько десятилетий, то мы уточнили и исправили его наименование, как «среднелокальная когерентность».

Среднелокальная когерентность может быть вычислена для каждого отдельного отведения (рис. 2), как с учетом значения всех пар отведений, так и избирательно в зависимости от решаемых диагностических задач.

НАГЛЯДНОЕ ОТОБРАЖЕНИЕ ДАННЫХ КОГЕРЕНТНОГО АНАЛИЗА ЭЭГ

Прежде чем изложить способы отображения результатов когерентного анализа для клинического потребления есть необходимость порассуждать: «А что собственно мы собираемся отображать? Какое функциональное состояние? Переведа на русский язык слово «когерентность» получаем понятие «связанность». Возникает вопрос, о какой связанности идет речь? Из базовых знаний анатомии и физиологии мы знаем что-то о проводящих путях, о дендритах, аксонах, о функциональных центрах в виде специализированного сообщества нейронов. В литературе нейрофизиологов используется такое словосочетание, как «межцентральные связи». На мой взгляд — не очень удачный термин. Межцентральные связи это что-то внутри, это аксоны дендриты и тд. А когерентность — с поверхностных электродов, это, что собственно, и сама электроэнцефалограмма — это всего лишь внешний отзвук

глубинных процессов где-то внутри черепа, но не из конкретного «центра», а из разных, в силу наличия множества генераторов электрической активности, из которых, формируется, так называемая, корковая ритмика.

Внутричерепные связи обеспечиваются, прежде всего, волоконной системой нервных клеток, но это происходит только внутри черепа, поэтому методом электроэнцефалографии напрямую измерение их недоступно.

Электрическая активность, на скальпе отражает деятельность этих, нейронов, центров, проводящих путей, но не напрямую, а опосредованно через электропроводную среду окружающих их тканей (глия, кость, кожные покровы), то есть, через объемную проводимость. Выраженность электрической активности на поверхности головы определяется рядом физических параметров, но прежде всего вектором потенциала. Электроэнцефалограмма с классическим визуальным или спектральным анализом мощно-

сти раскрывает нам лишь фактическое состояние электрических сигналов в виде амплитуд и периодов колебаний. Когерентность не измеряет ни того, ни другого, она сравнивает степень повторяемости их во времени, но не внутри, а на поверхности по информации, которую «принес» из глубины этот самый вектор потенциала.

Вот эту степень повторяемости амплитуд на поверхности головы, периодов и фаз колебаний, в количественном выражении мы имеем, и которую для практического суждения можем отобразить в виде таблиц, графиков и в виде разных вариантов пространственного распределения.

Основная трудность в картировании когерентности состоит в том, что мощность, частота и другие подобные параметры зависят от сигнала в определенном отведении, и их значения могут быть привязаны к координатам этого отведения. Когерентность же определяется для пары отведений.

Для каждого заданного расположения отведения может быть указано множество значений когерентности, соответствующих всем прочим отведениям. А ведь картирование, как правило, использует и промежуточные точки между отведениями, каждой из которых можно сопоставить все пары отведений, путь между которыми проходит через данную точку.

Первые разработчики графического представления когерентности в ЭЭГ пошли по вполне логичному пути отображения количественных значений когерентности в виде линий разной толщины или цвета между точкам (отведениями) по поверхности головы (рис 3). Однако, на практике выявился ряд проблем, когда мы пользуемся методом линейного отображения когерентных связей на поверхности головы. Человеческий глаз оказался неспособным читать этот «кьюар код» и при всей предполагаю-

щейся наглядности мы не улавливаем имеющуюся в нем полезную информацию. Вывод очевиден: схематическое линейное отображение когерентных связей видимо перспективен в исследовательских работах особенно, в области сопоставления с данными нейропсихологического обследования, но не получит своего распространения в нейрофизиологии практической направленности.

И хотя сама когерентность имеет всего один количественный параметр, не имеющий размерности (от 0 до 1,0), а количество возможных пар только для вычисления средней когерентности возрастает до 171 в связи с тем, что на конвексии головы по системе 10–20 располагается 19 электродов. Если вспомним, что отдельные диапазоны частот имеют самостоятельное функциональное значение, то отображение всех диапазонов добавит нам дополнительно еще 684 линии, а с учетом каждой отдельной частоты число количественных параметров и соответственно линий

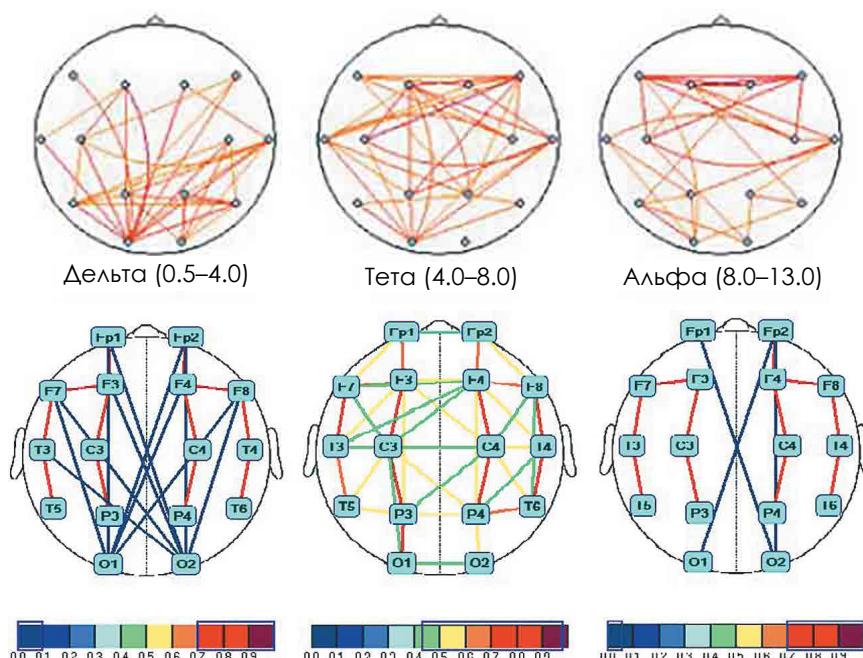


Рисунок 3 Схемы «линейного» отображения результатов когерентного анализа ЭЭГ в разных компьютерных программных продуктах

превысит 10000 линий. Отобразив на конвексии черепа эти бесконечно пересекающиеся линии (разного цвета или толщины), получаем бессмысленную мазню (рис. 3).

Естественно, пользователи логично уменьшают количество пар, исходя из разных предпочтений. Или оставляют избирательно длинные, или, наоборот, короткие пары, или, как правило, оставляют пары с высокими значениями когерентности, полагая, что именно высокие значения наиболее информативны. Недосток последнего подхода состоит в том, что «уровень отсечки», значение когерентности, при котором связи не показываются, выбирается волевым решением и может сделать выводы субъективными

Попытка отображения результатов когерентного анализа с учетом количественных показателей всех пар электродов путем топографического картирования оказалась поначалу также несостоятельной, поскольку пары с низки-

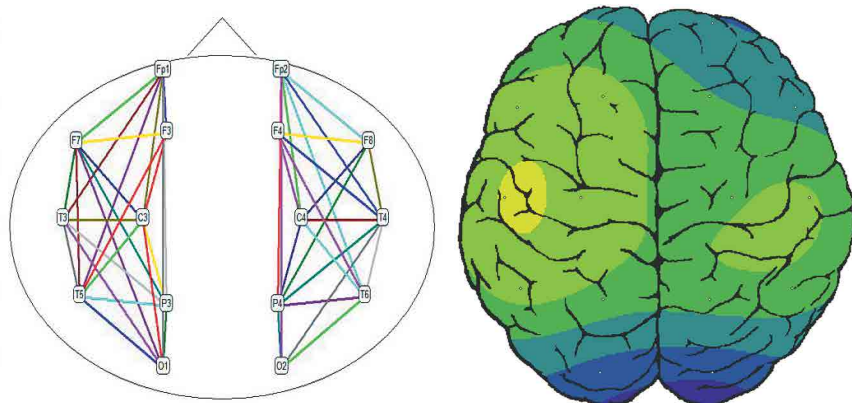


Рисунок 4. Пересекающиеся пары по каждому полушарию и их искажающее влияние на топографическую карту показателей когерентности

ми и высокими количественными значениями, пересекаясь друг с другом (рис. 4), усредняются в случайном порядке и при этом ожидаемая наглядность подачи информации топографического распределения уровня внутримозговых связей сводится к нулю. Стало очевидным, пересекающиеся пары отведений не должны использоваться при попытке использовать топографическое картирование.

Это привело к необходимости ограничения количества пар электродов для построения адекватных топографических карт, что себя в последующем оправдало и позволило определить оптимальный алгоритм оценки результатов когерентного анализа ЭЭГ [4].

После длительного периода апробации разных вариантов пар отведений было предложено [4] оставить самый минимум из них (рис. 5):

- 1) Межполушарные пары ((Fp1–Fp2, F3–F4, P3–P4, O1–O2, F7–F8, T3–T4, T5–T6),
- 2) Средние внутриполушарные (Fp1–C3, Fp2–C4, C3–O1, C4–O2, Fp1–T3, Fp2–T4, T3–O1, T4–O2, вторая — F3–P3, F4–P4, F7–T6, F8–T6
- 3) Длинные лобно-затылочные пары (Fp1–O1 и Fp2–O2

Заметим, что для первой схемы карта будет заведомо симметричной, тогда как для второй и третьей возможна асимметрия между полушариями.

Эти перечисленные варианты, которые позволяют, в какой-то мере, объективно отразить преобладание уровня когерентности по регионам мозга.

От коротких пар между ближайшими электродами на этапе их апробации пришлось отказаться по причине трудности соблюдения технических условий педантичности наложения электродов. При всех строгостях рекомендаций, качественно располагать электроды на голове с соблюдением топографического их размещения, адекватной обработки подэлектродной поверхности кожных покровов на практике, при насыщенном потоке пациентов, эти рекомендации неизбежно нарушаются. То какой-либо электрод съедет вперед

или назад, то для улучшения электропроводности окажется избыточная площадь волосистой части головы залита электролитом (или пастой).

Опыт показал, что при «коротких» парах смещение электрода всего на полсантиметра резко изменяет величину вычисленной когерентности. В то время как такая ошибка, как смещение электродов при «средних» и «длинных» парах на величину измеряемой когерентности практически влияние не оказывает.

Эффект этот носит физический характер, электроды соседних отведений замыкаются между собой через

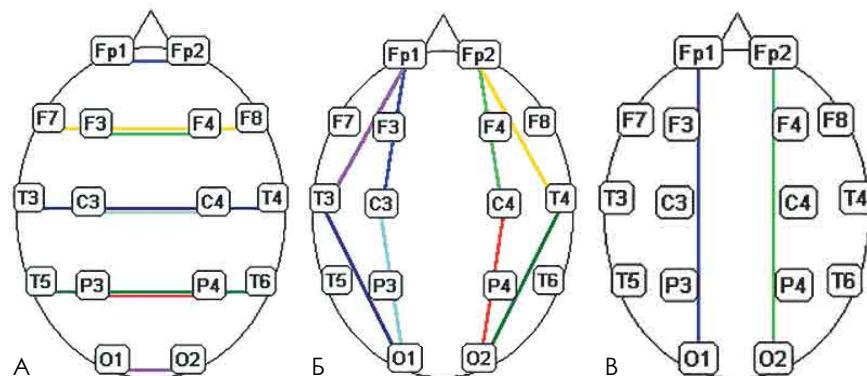
скальп, как проводник. В результате часть сигнала с одного отведения попадает на другое и наоборот, завышая значение когерентности. При этом изменение проводимости участка скальпа между близкими электродами очень сильно меняется с изменением расстояния между ними. Для отдалённых же электродов ошибка в их размещении мала сравнительно с расстоянием между ними и влияет мало

ОТОБРАЖЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ КОГЕРЕНТНОГО АНАЛИЗА В ВИДЕ ТОПОГРАФИЧЕСКИХ КАРТ

Топографическое картирование когерентных связей может быть использовано только при отсутствии пересекающихся пар с ограниченным их количеством по описанному выше внутриполушарным и межполушарным парам.

При этом по точности картирование когерентностей проигрывает линейной схеме отображения, но выигрывает по наглядности. Фактически при таком алгоритме картирования получаем варианты регионарного распределения уровня внутримозговых связей с визуальной оценкой ее преобладания или, наоборот, снижения в разных зонах мозга. Как оказалось, что при таком варианте отображения уровня внутримозговых связей гораздо легче находить, анализировать и клинически интерпретировать полученные «картинки» и сопоставлять с особенностями расстройства ментальных функции при разных заболеваниях ЦНС (рис 6, 7).

Рисунок 5. Схемы пар отведений для выполнения когерентного анализа, отобранные для электроэнцефалографической практики. Межполушарные пары (А); Средние внутриполушарные (Б); Длинные лобно-затылочные пары (В)



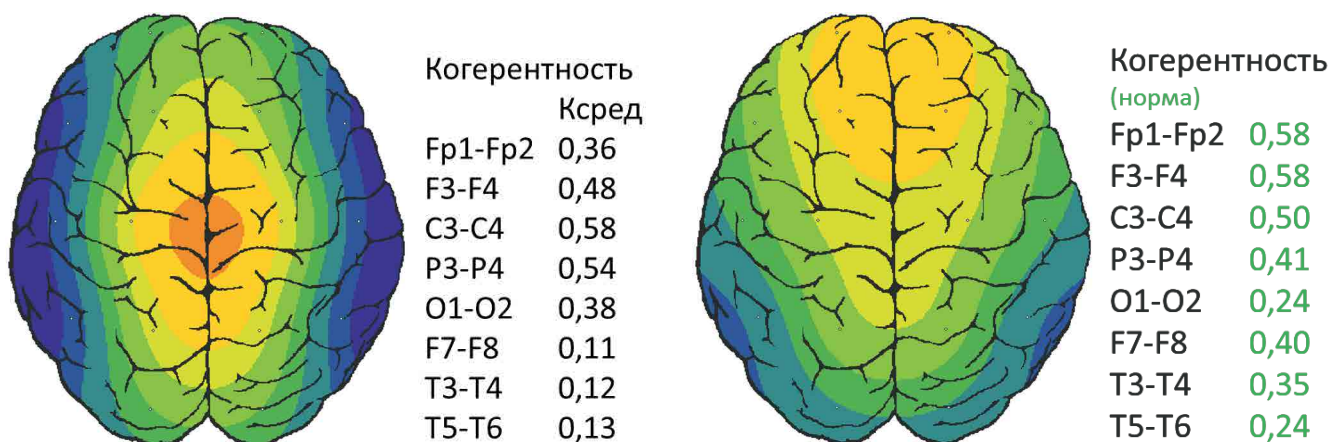


Рисунок 6. Типовые варианты топограмм картирования значений средней когерентности для межполушарных пар у пациента с синдромом СДВГ (слева) и условно здорового ребенка (справа). У первого отмечается снижение уровня межлобных отношений со сдвигом их максимума в теменно-центральный отделы (сенсомоторная область), у второго — характерное преобладание уровня внутримозговых связей в лобных отделах

Клиническая информативность ограниченного количества пар по предложенной нами методике апробирована при целом ряде заболеваний ЦНС исследований и показало высокую их информативность.

ТРАКТОВКА ТОПОГРАММ КОГЕРЕНТНОСТИ

Как описывать когерентность в протоколе ЭЭГ исследования?

На приведенных иллюстрациях картирования величин когерентности по схемам описанным выше (рис 6 и 7) прослеживается четкая картина отличия топограмм людей ментально здоровых и с определенными отклонениями. У первых максимум когерентных значений, как по межполушарным, так и по внутриполушарным парам, наблюдается в передних отделах, а при определенных психических расстройствах, например, при СДВГ, максимум смещается в теменно-центральный или теменно-затылочные отделы, а по внутриполушарным парам — в задние отделы. С позиции эволюции развития головного мозга новая, молодая кора лобных отде-

лов, развившаяся именно с целью улучшения качества аналитического процесса, требует более совершенного уровня функциональных связей, поэтому у здоровых людей мы находим более высокий уровень когерентных связей именно в передних отделах мозга.

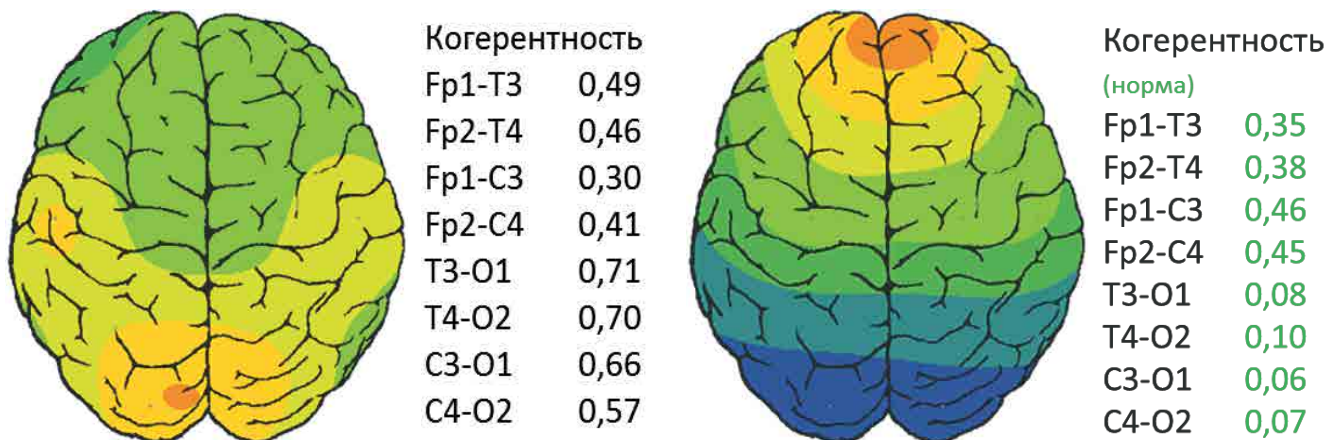
Расстройство формирования интегративной деятельности мозга по каким-либо причинам, сопровождающееся неполноценной деятельностью новых отделов коры, провоцирует компенсаторное усиление развития связей в старых отделах коры, которое сопровождается повышением значений когерентных связей в задних отделах мозга. Особенности выявляемых при этом клинических отклонений рассмотрим в одной из следующих лекций.

НОРМАТИВЫ

Некоторые константы электроэнцефалограммы здорового человека

Для описания электроэнцефалограммы часто приходится пользоваться количественными показателями. Ценность этих показателей приобретает смысл только

Рисунок 7. Типовые варианты топограмм значений средней когерентности для внутриполушарных пар у пациента с синдромом СДВГ (слева) и условно здорового ребенка. У первого отмечается снижение уровня связей в передних отделах (в новой коре), у второго — характерное повышение уровня в задних отделах мозга (в старой коре)



в сравнении их с нормативными величинами. И хотя, такой показатель, как частота доминирующего ритма не относится на прямую к теме когерентности, но в силу его определяющего значения для трактовки ЭЭГ в целом, считаем необходимым акцентировать ваше внимание на нем в первую очередь и привести возрастные среднепопуляционные значения частоты альфа-ритма, выведенные на достаточном статистическом материале условно здоровых детей от 3 до 15 лет.

Важным критерием возрастного формирования биоэлектрической активности головного мозга является динамика становления частоты основного ритма. По данным авторов в среднем в возрасте с 3 до 10 лет она повышается с 7 до 10 Гц. В пределах индивидуальных особенностей учитывались некоторые личностные особенности, такие как степень зрелости функции внимания или повышенного тревожного фона, не выходящие за рамки здорового ребенка.

У детей (3–7 лет) с незрелой функцией внимания выявлена тенденция к снижению частоты основного ритма, которая приближалась к среднепопуляционным значениям только к 10 годам.

Частота становления альфа ритма в подгруппе детей с повышенным тревожным фоном не отличалась от среднепопуляционных возрастных значений.

Возрастное становление доминирующей частоты альфа-ритма в группе условно здоровых детей по А. В. Будкевич с соавт. [2]

Возраст (в годах)	Средняя частота (в Гц) доверительный интервал 95%		
	Группы условно здоровых детей		
	Незрелая функция внимания	Компоненты тревожности	Средне популяционная
3	6,9	7,3	7,3 (6,9–7,6)
4	7,4	7,8	7,8 (7,5–8,1)
5	8,0	8,3	8,2 (8,4–8,6)
6	8,4	8,6	8,7 (8,5–8,9)
7	8,8	9,3	9,2 (9,0–9,4)
8-9	9,4	9,5	9,6 (9,4–9,9)
10-11	10	10,2	10,0 (9,8–10,2)
12-13	-	-	10,05 (9,8–10,3)
14-15	-	-	10,2 (9,7–10,5)

НОРМАЛЬНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ КОГЕРЕНТНОСТИ

Таблица 1
Показатели средней когерентности по межполушарным парам у детей первого года жизни по Е. Л. Ивановой [7, 8]

(M ± m)	1–2 мес.	3–4 мес.	5–6 мес.	7–8 мес.	9–10 мес.	11–12 мес.	13–24 мес.
Fp1-Fp2	0,22 ± 0,04	0,44 ± 0,03	0,58 ± 0,03	0,5 ± 0,03	0,53 ± 0,03	0,49 ± 0,02	0,48 ± 0,02
F3-F4	0,24 ± 0,04	0,39 ± 0,03	0,51 ± 0,02	0,45 ± 0,03	0,48 ± 0,02	0,48 ± 0,03	0,47 ± 0,02
C3-C4	0,22 ± 0,05	0,37 ± 0,05	0,42 ± 0,02	0,45 ± 0,03	0,44 ± 0,02	0,39 ± 0,02	0,40 ± 0,02
P3-P4	0,22 ± 0,04	0,38 ± 0,03	0,50 ± 0,02	0,35 ± 0,02	0,39 ± 0,02	0,31 ± 0,03	0,33 ± 0,02
O1-O2	0,2 ± 0,03	0,38 ± 0,04	0,38 ± 0,02	0,29 ± 0,02	0,30 ± 0,02	0,29 ± 0,01	0,29 ± 0,02
T3-T4	0,16 ± 0,02	0,19 ± 0,02	0,22 ± 0,02	0,21 ± 0,02	0,17 ± 0,02	0,2 ± 0,03	0,16 ± 0,02
T5-T6	0,09 ± 0,02	0,15 ± 0,02	0,15 ± 0,02	0,13 ± 0,02	0,12 ± 0,02	0,17 ± 0,03	0,13 ± 0,02

Таблица 2
Показатели средней когерентности по внутриполушарным парам у детей первого года жизни по Е. Л. Ивановой (M ± m)

	1–2 мес.	3–4 мес.	5–6 мес.	7–8 мес.	9–10 мес.	11–12 мес.	13–24 мес.
Fp1-C3	0,42 ± 0,05	0,45 ± 0,03	0,40 ± 0,02	0,53 ± 0,02	0,45 ± 0,03	0,46 ± 0,03	0,46 ± 0,03
Fp2-C4	0,46 ± 0,06	0,46 ± 0,03	0,43 ± 0,03	0,57 ± 0,03	0,49 ± 0,02	0,50 ± 0,03	0,44 ± 0,03
C3-O1	0,32 ± 0,07	0,25 ± 0,03	0,22 ± 0,02	0,35 ± 0,03	0,21 ± 0,02	0,27 ± 0,02	0,21 ± 0,02
C4-O2	0,32 ± 0,04	0,26 ± 0,02	0,22 ± 0,02	0,33 ± 0,03	0,25 ± 0,03	0,26 ± 0,02	0,21 ± 0,02
Fp1-T3	0,44 ± 0,02	0,41 ± 0,04	0,41 ± 0,02	0,55 ± 0,02	0,45 ± 0,02	0,46 ± 0,03	0,43 ± 0,02
Fp2-T4	0,50 ± 0,04	0,45 ± 0,03	0,42 ± 0,02	0,53 ± 0,02	0,50 ± 0,02	0,50 ± 0,02	0,44 ± 0,04
T3-O1	0,20 ± 0,05	0,16 ± 0,02	0,14 ± 0,02	0,22 ± 0,02	0,16 ± 0,02	0,21 ± 0,02	0,20 ± 0,03
T4-O2	0,20 ± 0,03	0,21 ± 0,03	0,17 ± 0,02	0,21 ± 0,03	0,15 ± 0,02	0,19 ± 0,01	0,19 ± 0,03

Таблица 3
Переднезаднее соотношение показателей средней когерентности ЭЭГ по внутриполушарным парам у детей первого года жизни по Е. Л. Ивановой

	1–2 мес.	3–4 мес.	5–6 мес.	7–8 мес.	9–10 мес.	11–12 мес.	1–3 года.
Fp-C/C-O	1,35	1,6	1,7	1,65	1,9	1,9	2,45
Fp-T/T-O	2,35	2,35	2,55	2,55	3	2,65	3,1

Таблица 4
Пределы колебаний показателей средней когерентности по межполушарным парам у здоровых детей и взрослых [6]

Параметры	Пары отведений							
	Fp1-Fp2	F3-F4	C3-C4	P3-P4	O1-O2	F7-F8	T3-T4	T5-T6
Когерентность	0,51–0,61	0,56–0,60	0,52–0,57	0,38–0,52	0,27–0,39	0,22–0,38	0,19–0,33	0,14–0,26

Таблица 5
Пределы колебаний показателей средней когерентности по внутриполушарным парам у здоровых детей и взрослых

Параметры	Пары отведений			
	Fp1,2-C3,4	C3,4-O1,2	Fp1,2-T3,4	T3,4-O1,2
Когерентность	0,34–0,50	0,14–0,31	0,20–0,44	0,05–0,25

Таблица 6
Пределы колебаний показателей когерентности доминирующего альфа-ритма по длинным внутриполушарным парам (Fp1-O1 и Fp2-O2) у детей контрольной группы (7–15 лет)*

Возраст	Значение когерентности
7–9	0,07–0,28
10–12	0,07–0,29
13–15	0,09–0,3
Все возрастные группы	0,08–0,3

ПОСТРОЕНИЕ ЗАКЛЮЧЕНИЯ ЭЭГ

Составляя протокол исследования практический электроэнцефалографист обычно не имеет затруднений в силу того, что в его голове давно сложились формулировки в виде готовых предложений по какому-либо традиционному шаблону. Всегда, когда приходится использовать какую-то новую методику (в нашем случае это относится к когерентности) все время задается вопрос: «А как писать?»

В СВОЕЙ ПРАКТИКЕ МЫ ИСПОЛЬЗУЕМ
ГОТОВЫЕ ФРАЗЫ В ШАБЛОНЕ

При когерентном анализе по данным средней когерентности

— внутриполушарно: переднезаднее соотношение правильное, сглаженное, инвертированное, за счет снижения уровня в передних, за счет повышения уровня в задних отделах

— межполушарно: распределение правильное, смещение максимума в теменно-центральных отделах. Сниженный уровень межлобных полушарных отношений.

По данным когерентности доминирующих частот

— внутриполушарно: избыточная продольная синхронизация в передних отделах

— межполушарно: избыточная поперечная синхронизация. Лобно-затылочные отношения на частоте основного ритма — (норма 0,08–0,3)

Приведенный вариант шаблона состоит из частей.

Первая — для описания средней когерентности, вторая — для доминирующей частоты основного ритма.

Как правило, обе части одновременно описывать нет необходимости, так как средняя когерентность более информативна для пациентов с расстройствами внимания, поведения, в то время как когерентность доминирующей частоты в виде повышения ее значений более значима при повышенной тревожности.

Повышенные значения лобно-затылочных отношений также патогномичны повышенной тревожности, а сниженные (вплоть до нулевых значений) — чаще наблюдаются у пациентов с недостаточным уровнем объемно-образного мышления.

Работать с шаблоном очень удобно путем удаления из текста лишних фраз.

Типовой пример фрагмента протокола ЭЭГ ребенка 11 лет с диагнозом СДВГ:

При когерентном анализе по данным средней когерентности:

— внутриполушарно: Переднезаднее соотношение

сглаженное за счет повышения уровня в задних отделах — межполушарно: Смещение максимума в теменно-центральных отделах. Сниженный уровень межлобных отношений.

По данным когерентности доминирующих частот:

— Лобно-затылочные отношения на частоте основного ритма — Слева 0,01, справа 0,009 (норма 0,08–0,3).

(Быть продолжению)

Список литературы / References:

1. Болдырева Г.Н. Электрическая активность мозга человека при поражении дiencephальных и лимбических структур, «Наука», Майк «Наука/Интерпериодика», 2000.
Boldyreva G.N. Electrical activity of the human brain in lesions of the diencephalic and limbic structures. Science, Mike Science/Interperiodics. 2000.
2. А. В. Будкевич, Л. Б. Иванов, Г. Р. Новикова, Г. М. Джанумова -Возрастное становление корковой ритмики на ЭЭГ в зависимости от формирования индивидуально-психологических особенностей ребенка Медицинский алфавит. Современная функциональная диагностика. 2019;1(8):42–50.
A. V. Budkevich, L. B. Ivanov, G. R. Novikova, G. M. Dzhanumova — Age-related formation of cortical rhythms on the EEG depending on the formation of the individual psychological characteristics of the child Medical alphabet. Modern functional diagnostics. 2019;1(8):42–50.
3. Докукина Т. В., Мисюк Н. Н., Ключев А. П. картирование показателей когерентности ЭЭГ при эпилепсии. Вест. клин. Нейрофизиологии. 2015, 3: 6–14.
Dokukina T. V., Misyuk N. N., Klyuev A. P. mapping of EEG coherence parameters in epilepsy. West. wedge. Neurophysiology. 2015, 3:6–14.
4. Иванов Л. Б. Прикладная компьютерная электроэнцефалография М. МБН. 2004.
Ivanov L.B. Applied computer electroencephalography M. MBN. 2004.
5. Иванов Л. Б. Спектр мощности ЭЭГ: ошибки и практика применения (лекция первая), Медицинский алфавит № 39/2021, серия «Современная функциональная диагностика» (4), 45–52.
Ivanov L. B. EEG power spectrum: errors and application practice (lecture one), Medical Alphabet No. 39/2021, Modern Functional Diagnostics series (4), 45–52.
6. Иванов Л. Б. —Неэпилептическая электроэнцефалография. НМФ МБН, 2013.
Ivanov L. B. — Non-epileptic electroencephalography. NMF MBN, 2013.
7. Иванова Е. Л., Сахно Ю. Ф., Иванов Л. Б. Формирование внутричерепной интеграции по данным когерентного анализа ЭЭГ и становление психомоторных функций у недоношенных детей в норме и при перивентрикулярной лейкомаляции// Функциональная диагностика. — 2003. — № 1. — С. 86–92.
Ivanova E. L., Sakhno Yu. F., Ivanov L. B. Formation of intracerebral integration according to the data of coherent EEG analysis and the formation of psychomotor functions in premature babies in the norm and with periventricular leukomalacia / / Functional diagnostics. — 2003. — No. 1. — P. 86–92.
8. Иванова Е. Л. Становление пространственно-временных отношений на первом году жизни у здоровых доношенных и недоношенных младенцев, а также перенесших перивентрикулярную лейкомаляцию (по данным когерентного анализа ЭЭГ) // Mat. V междунар. конф. Клинические нейронауки: неврология, нейрофизиология, нейрохирургия. — Гурзуф, 1–10 июня 2003 г. — С. 35–38.
Ivanova E. L. Formation of spatio-temporal relations in the first year of life in healthy full-term and premature infants, as well as those who underwent periventricular leukemia (according to coherent EEG analysis) // Mat. V international conf. Clinical neurosciences: neurology, neurophysiology, neurosurgery. — Gursuf, June 1–10, 2003 — P. 35–38.
9. Мисюк Н. Н., Докукина Т. В., Картирование ЭЭГ в выявлении признаков органического поражения головного мозга у больных с психическими заболеваниями. Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова, 2000. -N 5.-С.39–44.
Misyuk N. N., Dokukina T. V., EEG mapping in identifying signs of organic brain damage in patients with mental illness. Journal of Neurology and Psychiatry named after S. S. Korsakov, 2000.-N 5.-S.39–44

Сведения об авторах

Иванов Лев Борисович, кандидат медицинских наук, врач высшей категории по функциональной диагностике, заведующий диагностического отделения¹. ORCID: 0000-0001-5954-1520

Машеров Евгений Леонидович, кандидат технических наук, старший научный сотрудник лаборатории клинической нейрофизиологии². ORCID: 0000-0003-1082-1390

¹ КДЦ при Детской городской клинической больницы № 9 имени Г. Н. Сперанского, Москва

² ФГАУ НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н. Н. Бурденко МЗ РФ

Автор для переписки: Иванов Лев Борисович
E-mail: ivanov40lb@gmail.com

About authors

Иванов Лев Борисович, Candidate of Medicine, doctor of the highest category in functional diagnostics, head of the diagnostic department¹. ORCID: 0000-0001-5954-1520

Masheroev Yevgeny Leonidovich, PhD, senior researcher of the Laboratory of Clinical Neurophysiology². ORCID: 0000-0003-1082-1390

¹ Children's City Clinical Hospital No. 9 named after G. N. Speransky, Moscow City Health Department

² National Medical Research Center for Neurosurgery named after Academician N. N. Burdenko is the leading neurosurgical facility in Russia

Corresponding author:
E-mail: ivanov40lb@gmail.com

Статья поступила / Received 08.04.2023

Получена после рецензирования / Revised 10.04.2023

Принята в печать / Accepted 22.04.2023

Для цитирования: Иванов Л. Б., Машеров Е. Л. Когерентный анализ в электроэнцефалографии. Методические проблемы вычисления когерентностей в ЭЭГ, вариантов их наглядного отображения и клинической интерпретации (лекция вторая). Медицинский алфавит. 2023;(15):9–16. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2023-15-9-16>

For citation: Ivanov L. B., Masheroev E. L. Coherence analysis in electroencephalography. Methodological problems of calculating coherences in the EEG, options for their visualization and clinical interpretation (lecture two). Medical alphabet. 2023;(15):9–16. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2023-15-9-16>



Характеристика биоэлектрической активности гиппокампального комплекса при фармакорезистентной мезиальной эпилепсии

С. Э. Васина¹, М. М. Тастанбеков¹, А. М. Александров², А. А. Чухловин¹, Г. В. Одинцова¹, М. В. Александров^{1, 3}

¹ Федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр им. В. А. Алмазова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Санкт-Петербург

² Федеральное государственное бюджетное учреждение высшего профессионального образования «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет», Санкт-Петербург

³ Федеральное государственное бюджетное военное образовательное учреждение высшего образования «Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова» Министерства обороны Российской Федерации, Санкт-Петербург

РЕЗЮМЕ

При дискордантности клинических, нейровизуализационных данных и результатов видео-ЭЭГ-мониторинга при планировании объема хирургического лечения фармакорезистентной мезиальной эпилепсии может выполняться экстраоперационный инвазивный мониторинг биоэлектрической активности коры и гиппокампального комплекса. Поиск дополнительной информации о функциональном состоянии гиппокампа может быть направлен на анализ его фоновой активности.

Цель исследования: дать характеристику амплитудно-частотных параметров биоэлектрической активности гиппокампа при мезиальной височной эпилепсии.

Материалы и методы. Основу исследования составил анализ амплитудно-частотных параметров фоновой активности гиппокампальных комплексов (21 трек), выполненный при обследовании и хирургическом лечении 17 пациентов (9 мужчин и 8 женщин, средний возраст 31,5 год) с фармакорезистентной височной мезиальной эпилепсией. Выполнен анализ исходов селективной амигдало-гиппокампотомии через два года у 7 больных.

Результаты. Интериктальная фоновая биоэлектрическая активность структурно измененных гиппокампальных комплексов характеризуется доминированием медленноволновой активности. По мощности активности гиппокампальные треки были разделены на две группы: 1) активность высокой амплитуды, отражающая процесс эпилептогенеза, 2) активность низкой амплитуды, отражающая «выгорание» структурно-измененного гиппокампа. Анализ исходов селективной амигдало-гиппокампотомии показал, что благоприятные исходы достоверно чаще наблюдались при деструкции эпилептизированных гиппокампов.

Выводы. Выделенные варианты паттернов могут рассматриваться как нейрофизиологические корреляты патогенетических механизмов, лежащих в основе фармакорезистентной мезиальной эпилепсии. Гиппокампальные комплексы с высокоамплитудной фоновой активностью являются патологическими генераторами, которые теряются при «выгорании» активности.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: клиническая нейрофизиология, экстраоперационный нейрофизиологический мониторинг, биоэлектрическая активность головного мозга, электросубкортикаграфия, фармакорезистентная эпилепсия, склероз гиппокампа.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Characteristics of bioelectric activity in hippocampal region in drug-resistant mesial epilepsy

S. E. Vasina¹, M. M. Tastanbekov¹, A. M. Aleksandrov², A. A. Chukhlovina¹, G. V. Odintsova¹, M. V. Aleksandrov^{1, 3}

¹ Almazov National Medical Research Center, Saint Petersburg, Russian Federation;

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

³ S. M. Kirov Military Medical Academy, St. Petersburg, Russian Federation

SUMMARY

Extraoperative invasive EEG-monitoring of bioelectric activity in cortical region and hippocampal complex may be performed in cases of discrepancy between clinical data, results of neurovisualization, and EEG-monitoring patterns when scheduling volume of surgical treatment in drug-resistant mesial epilepsy. A search for supplementary information about functional state of hippocampus may be directed to evaluation of its background bioelectric activity. **The aim of our study** was to characterize amplitude and frequency parameters of hippocampal bioelectric activity in mesial temporal epilepsy.

Materials and methods. The study included analysis of amplitude and frequency parameters of background activity from the hippocampal complexes (21 tracks) performed during examination and surgical treatment of 17 patients (9 males and 8 females at the mean age of 31.5 years old) diagnosed with drug-resistant temporal mesial epilepsy. The two-year outcomes of selective amygdalae/hippocampotomy in 7 patients were analyzed.

Results. The interictal background bioelectric activity of structurally altered hippocampal complexes is characterized by dominating slow-wave activity. By their capacity, the hippocampal tracks may be classified in two groups: 1) high-amplitude activity reflecting the process of epileptogenesis; 2) low-amplitude activity which suggests a "burnout" of structurally impaired hippocampus. Analysis of clinical outcomes following amygdalae/hippocampotomy has shown that the favorable outcomes were significantly more frequent upon destruction of epileptized hippocampus. **Conclusions.** The specified variants of EEG-patterns may be regarded as neurophysiological correlates of pathogenetic mechanisms underlying the drug-resistant mesial epilepsy. Hippocampal complexes with high-amplitude background activity represent pathological generators which are lost upon "burnout" of their activity.

KEYWORDS: clinical neurophysiology, extraoperative neurophysiological monitoring, bioelectrical activity of the brain, electro-subcorticography, drug-resistant epilepsy, hippocampal sclerosis, mesial, pharmacoresistant, EEG monitoring.

CONFLICT OF INTEREST. The authors declare no conflict of interest.

ВВЕДЕНИЕ

Височная эпилепсия является распространенной формой заболевания как у детей, так и у взрослых, составляя до 60% фокальных эпилепсий [1, 2]. Височная мезиальная эпилепсия — локализационно-обусловленная форма эпилепсии, при которой верифицируется структурный дефект в пределах височной доли, который определяет патогенез заболевания [3]. Считается, что одной из наиболее частых причин развития височной эпилепсии является мезиальный височный склероз [3, 4, 5]. Тем не менее, следует признать, что патогенетическая роль склероза гиппокампа при височной мезиальной эпилепсии остается одной из нерешенных проблем эпилептологии [3, 4, 5, 6]. Методами нейровизуализации констатируется наличие структурных или метаболических нарушений в гиппокампально-энториальном комплексе, но не оценивается степень его вовлечения в эпилептическую систему [4, 7, 8, 9].

Косвенно оценить организацию эпилептической системы в большинстве случаев позволяют результаты электроэнцефалографического мониторинга, совмещенного с видеорегистрацией состояния больного (видео-ЭЭГ-мониторинг). Однако устойчивый очаг интериктальной эпилептиформной активности в височных отведениях, ипсилатеральных структурному поражению, регистрируется лишь в 60–80% [4, 10]. В остальных случаях регистрируются различные варианты ЭЭГ, не позволяющие локализовать эпилептический очаг: широкая зона ирритации со смещением во фронтальные отведения, вторичная билатеральная синхронизация, система «зеркальных» очагов или двух независимых очагов со сменой доминирования [4].

Локализация эпилептического очага имеет принципиальное значение для хирургического лечения фармакорезистентных форм мезиальной эпилепсии [6, 11]. При дискордантности клинических, нейровизуализационных данных и результатов видео-ЭЭГ-мониторинга может выполняться экстраоперационный инвазивный мониторинг биоэлектрической активности коры и гиппокампального комплекса [11]. Допустимая длительность инвазивного мониторинга не всегда позволяет зарегистрировать 2–3 совпадающих по зоне начала иктальных события и надежно локализовать эпилептогенную зону. Интериктальная эпилептиформная активность, регистрируемая при инвазивном мониторинге с различных отделов коры и с глубоких структур мозга, может отражать распространение активности из других отделов, расположенных вне установленных электродных систем. В этой связи поиск дополнительной информации о функциональном состоянии гиппокампа может быть направлен на анализ его фоновой активности. В литературе анализ амплитудно-частотных параметров биоэлектрической активности гиппокампального комплекса мозга человека практически не представлен. В основном констатируется наличие эпилептиформной активности при структурных изменениях гиппокампа [12].

Цель исследования: дать характеристику амплитудно-частотных параметров биоэлектрической активности гиппокампа при мезиальной височной эпилепсии.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Основу исследования составил анализ результатов обследования и хирургического лечения пациентов с фармакорезистентной мезиальной формой височной эпилепсии в клинике РНХИ им. проф. А. Л. Поленова (филиал НМИЦ им. В. А. Алмазова) в период с 2017 по 2020 гг. В обследуемую группу вошли 17 пациентов (9 мужчин и 8 женщин) в возрасте от 26,5 до 37 лет (медиана 31,5 год). Длительность заболевания составила от 14 до 29 лет.

Критериями включения больных в исследование были следующие: 1) мезиальная височная эпилепсия с фармакорезистентным течением, 2) наличие структурных изменений в гиппокампальном комплексе, выявляемых по результатам магнитно-резонансной томографии (МРТ), 3) регистрация паттерна «замедления» при экстраоперационном инвазивном мониторинге активности гиппокампального комплекса [13], 4) высокотехнологичное оперативное нейрохирургическое лечение с нейрофизиологическим контролем, 5) возможность оценки исхода хирургического лечения через два года.

Нейрофизиологическое прехирургическое обследование всех больных, включенных в исследование, состояло из двух этапов. На первом этапе выполнялся многосуточный электроэнцефалографический мониторинг, совмещенный с видеорегистрацией клинической картины (видео-ЭЭГ-мониторинг). По результатам видео-ЭЭГ-мониторинга не представлялось возможным достоверно локализовать эпилептический очаг, что стало основанием для выполнения инвазивного мониторинга биоэлектрической активности коры и глубоких структур мозга.

Экстраоперационный мониторинг включал в себя регистрацию скальповой ЭЭГ, инвазивный мониторинг активности скомпрометированных областей коры головного мозга, локализация которых была определена по предварительным данным видео-ЭЭГ мониторинга, а также регистрацию активности гиппокампального комплекса (экстраоперационная электросубкортикаграфия — ЭСубКоГ). Регистрация электрокортикограммы (ЭКоГ) выполнялась восьмиконтактными (2х4) электродными сетками, 4-х, 6-ти контактными стрип-электродами (AdTech, США). ЭСубКоГ выполнялась с использованием инвазивных 4-х контактных глубинных электродов типа Spenser (AdTech, США), установленных стереотаксически в области гиппокампального комплекса.

У 4 пациентов были установлены глубинные электроды с двух сторон, у остальных только со стороны поражения гиппокампального комплекса по данным нейровизуализации. Всего были зарегистрированы и проанализированы амплитудно-частотные параметры 21 гиппокампального трека. Длительность инвазивного мониторинга составила от 48 до 96 ч.

В рамках высокотехнологичных нейрохирургических операций выполнялся интраоперационный полимодальный нейрофизиологический мониторинг, который включал регистрацию ЭЭГ, ЭКоГ и ЭСубКоГ.

Регистрация БЭА на всех этапах проводилась на аппаратно-программном комплексе «Мицар-ЭЭГ-201»

(ООО «Мицар», Россия). ЭЭГ регистрировалась в стандартных отведениях по международной системе «10–20». Полоса пропускания: фильтр нижних частот 0,5 Гц, фильтр высоких частот 70 Гц.

Анализ амплитудно-частотных параметров биоэлектрической активности гиппокампального комплекса выполнялся при соблюдении следующих условий: 1) пассивное бодрствование, 2) глаза закрыты, 3) сенсорная депривация [13]. Для расчета спектров мощности активности гиппокампальных комплексов выбирались стабильные, безартефактные эпохи длительностью 120 сек. Выделялись стандартные диапазоны частот: дельта (1–4 Гц), тета (4–7 Гц), альфа (7–14 Гц), бета (14–35 Гц). Амплитуда активности оценивалась как среднее значение амплитуды сигнала, измеренное «от пика до пика», за эпоху 5 с, не содержащую эпилептиформные графоэлементы. Рассчитывалось среднее значение для 10 эпох анализа. Индекс эпилептиформной активности (Iepi) определялся как относительная доля (%) времени, в течение которого регистрировались эпилептиформные графоэлементы за эпоху анализа 120 с.

Количественный анализ БЭА выполнялся с помощью программного обеспечения Data Studio (ООО «Мицар»).

Восьми пациентам была выполнена радиочастотная селективная амигдало-гиппокампотомия (САГТ), восьми пациентам была выполнена блок резекция передних 2/3 височной доли с резекцией передних отделов гиппокампа, одному пациенту была выполнена передняя темпоральная лобэктомия.

Исходы хирургического лечения фармакорезистентной мезиальной височной эпилепсии оценивались через два года после операции по критериям ILAE (2017 г.) [3]. Шкала включает шесть классов: 1) полное отсутствие приступов, 2) наличие только аур, 3) не более трех дней с приступами за 1 год, 4) увеличение частоты дней с при-

ступами до 50%, 5) увеличение частоты дней с приступами от 50 до 100%, 6) увеличение частоты дней с приступами более, чем на 100%.

Статистическая обработка данных была выполнена в программе Statistica 10 (StatSoft, Inc). Статистическая значимость различий амплитудно-частотных параметров проверялась по критерию Манна-Уитни. Численные данные представлены медианой, первым и третьим квартилями (Me (Q1, Q3)).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Исходя из поставленной цели в исследование были включены больные с клинической картиной фармакорезистентной мезиальной эпилепсией. У всех больных при выполнении МРТ (3 Тл) выявлены структурные изменения в гиппокампальном комплексе.

При проведении видео-ЭЭГ мониторинга в обследуемой группе зарегистрированные паттерны активности отражали сложную структурно-функциональную организацию эпилептической системы: широкая зона ирритации, вторичная билатеральная синхронизация, наличие «зеркальных» очагов и независимых очагов. Регистрация иктивных событий не позволяла однозначно локализовать зону начала приступа. При данной ЭЭГ-семиотике не представлялось возможным инвариантно локализовать эпилептический очаг, что стало показанием к выполнению экстраоперационного инвазивного мониторинга биоэлектрической активности [6, 11].

Экстраоперационный мониторинг включал регистрацию активности скомпрометированных областей коры головного мозга и гиппокампального комплекса.

Как было показано в наших предыдущих работах, отличительной особенностью паттернов биоэлектрической активности при наличии склероза гиппокампа является доминирование медленноволновой активности дельта-диапазона [13, 14].

Как было показано в наших предыдущих работах, при выполнении экстраоперационного мониторинга биоэлектрической активности структурно измененного гиппокампа регистрируется паттерн «замедления», сформированный медленноволновой дельта-активностью [13, 14]. Паттерн сохранного гиппокампа, в котором не выявляются признаки структурных нарушений на МРТ, формируется ритмизированной активностью альфа и тета диапазонов. Типичный пример вариантов активности сохранного и структурно измененного гиппокампального комплекса представлен на рисунке 1.

В настоящее исследование был включен 21 гиппокампальный трек с паттернами «замедления» активности (табл. 1). В зависимости от амплитуды фоновой активности

Рисунок 1. Паттерны активности гиппокампальных комплексов при фармакорезистентной мезиальной эпилепсии: паттерн «замедления» при явных МРТ-признаках склероза гиппокампа (Hd, справа), альфа-тета-паттерн сохранного гиппокампа (Hs, слева). Треки: Td — кора правой височной доли, Ts — кора левой височной доли, Hd — правый гиппокамп, Hs — левый гиппокамп, ECG — электрокардиограмма. Амплитуда калибровочного сигнала 300 мкВ, скорость развертки 30 мм/с

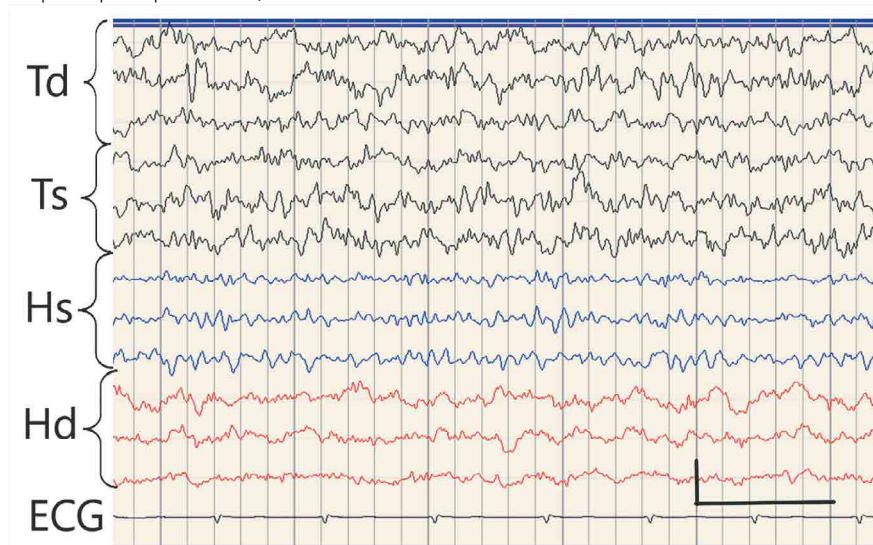


Таблица 1
Характеристика паттернов активности гиппокампального комплекса
при разных вариантах его вовлечения в эпилептическую систему

Амплитудно-частотные параметры	Варианты активности гиппокампа		U* (p)
	Эпилептизированный	«Выгоревший»	
Спектральный состав (%):			
Дельта	52 (47; 56)	48,5 (44; 56)	23,5 (<0,05)
Тета	22 (20; 26)	26 (24; 29)	24,5 (<0,05)
Альфа	20 (16; 25)	22 (17; 25)	37,5 (>0,05)
Бета	3 (1; 5)	2 (1; 3)	36,5 (>0,05)
Амплитуда, мкВ	265 (230; 280)	66 (45; 72)	1 (<0,05)
Iepi, %	46 (35; 62)	21 (15; 27)	1 (<0,05)

Примечание: * — критическое значение (Uкр) составляет 26 для достоверности различий менее 0,05.

структурно измененные гиппокампальные комплексы уверенно разделялись на две группы. Для одной группы (11 треков) была характерна фоновая активность высокой и очень высокой амплитуды (150–300 мкВ), а также наличие регулярной эпилептиформной активности среднего и высокого индекса. Регистрация регулярной интериктальной активности, высокая амплитуда фонового паттерна позволили обозначить данную группу треков как эпилептизированные. Во второй группе гиппокампальные треки (n=10) отличались низкоамплитудной фоновой активностью (40–80 мкВ). Эпилептиформные графоэлементы регистрировались с низким и средним индексом. Низкая амплитуда фоновой активности, относительно невысокий индекс эпилептиформной активности позволили условно обозначить данную группу гиппокампов как «выгоревшие».

Варианты гиппокампальных треков с паттернами «замедления», регистрируемые при мезиальной эпилепсии, представлены на рисунке 2. В приведенном клиническом наблюдении по результатам МРТ в обоих гиппокампальных комплексах были выявлены признаки склероза. Для выполнения экстраоперационного инвазивного мониторинга в оба гиппокампальных комплекса стереотаксически были установлены глубинные электроды. В правом гиппокампе (Hd) была зарегистрирована активность амплитудой 30–50 мкВ, которая может быть описана как паттерн «выгоревшего» гиппокампа. Паттерн активности левого гиппокампа (Hs) формировался острыми волнами тета (5–6 Гц) и дельта (2–3 Гц) диапазона амплитудой 150–200 мкВ. Регистрация высокоамплитудной активности, сформированной волнами «острой формы», а также наличие других эпилептиформных стигматов позволили обозначить данный паттерн как эпилептизированный.

Нами была выдвинута гипотеза о том, что эпилептизированный гиппокамп является патологическим генератором в эпилептической системе

и, следовательно, его деструкция делает возможным избавление больного от приступов после оперативного лечения. Для проверки данной гипотезы был проведен анализ исходов САГТ. Данный вид операции был выбран, поскольку деструкции подвергается только гиппокампальный комплекс, остальные структуры височной доли остаются полностью интактны [6, 15].

В подгруппу вошли 7 больных, которым было показано хирургическое лечение фармакорезистентной мезиальной эпилепсии. В 4 наблюдениях регистрировался паттерн эпилептизированного гиппокампа, в 3 — «выгоревшего». Анализ исходов САГТ показал (табл. 2), что удаление эпилептизированного гиппокампа достоверно чаще приводит к положительному исходу хирургического лечения фармакорезистентной мезиальной эпилепсии ($p < 0.05$; $U = 1$).

Таким образом, полученные результаты позволяют считать, что гиппокамп с высокоамплитудным паттерном активности входит в эпилептическую систему как патологический генератор, поскольку деструкция таких гиппокампально-амигдалярных комплексов приводит к благоприятным исходам хирургического лечения фармакорезистентной эпилепсии. Структурно-измененный

Рисунок 2. Фоновая биоэлектрическая активность гиппокампальных комплексов при МРТ-признаках выраженных структурных изменений: паттерн «выгоревшего» гиппокампа (Hd, справа), паттерн эпилептизированного гиппокампа (Hs, слева). Треки: Td — кора правой височной доли, Ts — кора левой височной доли, Hd — правый гиппокамп, Hs — левый гиппокамп, ECG — электрокардиограмма. Амплитуда калибровочного сигнала 300 мкВ, скорость развертки 30 мм/с



Таблица 2
Исходы селективной амигдалогиппокампотомии при различных паттернах биоэлектрической активности гиппокампа

Паттерн активности гиппокампа	Исход САГТ по ILAE, абс.					
	1	2	3	4	5	6
Эпилептизированный	1	1	1	1	-	-
«Выгоревший»	-	-	-	2	1	-

гиппокамп, демонстрирующий паттерн «выгоревший», вероятно, также вовлекается в эпилептическую систему, но свойствами патологического генератора не обладает.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Паттерны биоэлектрической активности гиппокампа в состоянии спокойного бодрствования у больных с височной мезиальной эпилепсией могут быть описаны следующими тремя вариантами: альфа-тета-паттерн сохранного гиппокампа, паттерн эпилептизированного гиппокампа и паттерн «выгорания» (рис. 3).

Паттерн сохранного гиппокампа, в котором не выявляются признаки структурных нарушений на МРТ, формируется ритмизированной активностью альфа и тета диапазонов [13, 14]. Однако, отсутствие МРТ-признаков склероза гиппокампа не всегда является достаточным условием для регистрации ритмизированной альфа-тета-активности. Активность гиппокампальных комплексов без признаков склероза может быть сформирована медленными волнами, что отражает процесс эпилептизации. Вероятно, тяжесть структурных нарушений в таком гиппокампальном комплексе еще не достигает уровня, достаточного для визуализации на МРТ в режиме 3 Тл.

Интериктальная фоновая биоэлектрическая активность структурно измененных гиппокампальных комплексов характеризуется доминированием медленноволновой активности дельта и тета диапазонов частот. По мощности активности структурно измененные гиппокампы не являются однородными. Могут быть выделены, по крайней мере, два варианта, значимо различающиеся по амплитуде фоновой активности. Первый вариант гиппокампальных паттернов, условно обозначенный как эпилептизированный, формируется активностью высокой и очень высокой амплитуды. Второй вариант характеризуется наличием полиморфной активности низкой амплитуды, что позволило предположить «выгорание» структурно измененных гиппокампальных комплексов при длительном течении фармакорезистентной мезиальной эпилепсии.

Анализ исходов селективной деструкции амигдалогиппокампального комплекса показал, что выделенные паттерны могут рассматриваться как нейрофизиологические корреляты различных патогенетических механизмов, лежащих в основе фармакорезистентной мезиальной эпилепсии [16]. Гиппокампальные комплексы с высокоамплитудной фоновой активностью являются патологическими генераторами, детерминирующими организацию эпилептической системы. При «выгорании» активности

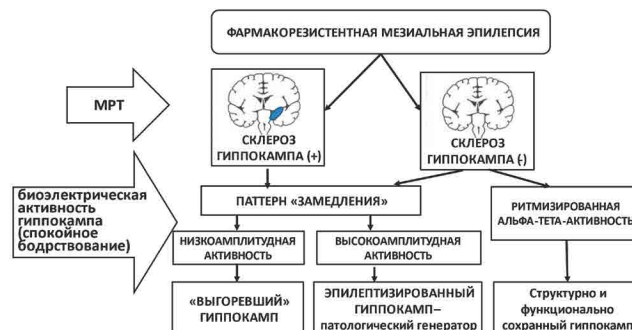


Рисунок 3. Характеристика фоновой биоэлектрической активности гиппокампального комплекса при фармакорезистентной височной мезиальной эпилепсии (схема)

гиппокампальный комплекс теряет свойства патологического генератора, принимая пассивное участие в процессах распространения эпилептиформной активности.

Список литературы / References

1. Epilepsy: a public health imperative World Health Organization.: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/epilepsy> (20 June, 2019).
2. Thijs RD, Surges R, O'Brien TJ, Sander JW. Epilepsy in adults. Lancet. 2019; 393 (10172): 689–701. [https://doi.org/10.1016/S0140-736\(18\)32596-0](https://doi.org/10.1016/S0140-736(18)32596-0)
3. Неврология: национальное руководство / под ред. Е. И. Гусева, А. Н. Коновалова, В. И. Скворцовой. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: ГЭОТАР-Медиа, 2018. — С. 414–415.
4. Neurology: national guide / ed. E. I. Guseva, A. N. Kononova, V. I. Skvortsova — second edition — М.: GEOTAR-Media, 2018. — С. 414–415.
5. Мухин К.Ю., Гатауллина С.Х., Петрухин А.С. Палеокортикальная височная эпилепсия, обусловленная мезиальным височным склерозом: клиника, диагностика и лечение (обзор литературы). Русский журнал детской неврологии. 2008; 11 (3): 41–60.
6. Mukhin K.Yu., Gataullina S.H., Petrukhin A.S. Paleocortical Temporal Lobe Epilepsy With Hippocampal Sclerosis: Clinical Features, Diagnosis And Treatment (A Review). Russian Journal of Pediatric Neurology. 2008; 11 (3): 41–60
7. Janmohamed, M., Brodie M.J., Kwan P. Pharmacoresistance: Epidemiology, mechanisms, and impact on epilepsy treatment. Neuropharmacology. 2020; 168: 107–119.
8. Крылов В.В.: Хирургия эпилепсии / Под редакцией В.В. Крылова. — М., 2019. — 408 с.
9. Krylov V.V.: Epilepsy Surgery / Edited by V.V. Krylov — М., 2019. — 408 с. (in Russian).
10. Куралбаев А.К., Забродская Ю.М., Иванова Н.Е. и др., Патоморфологические изменения гиппокампа при височной эпилепсии. Литературный обзор. Российский нейрохирургический журнал им. профессора Поленова. 2017; 9(2): 72–77.
11. Kuralbaev AK, Zabrodskaya YuM, Ivanova NE et al. Pathomorphological changes in the hippocampus with temporal lobe epilepsy. Literature review: Russian Neurosurgical J named after Prof Polenov. 2017;9(2):72–77 (in Russian).
12. Granados Sánchez AM, Orejuela Zapata JF. Hippocampal sclerosis: volumetric evaluation of the substructures of the hippocampus by magnetic resonance imaging. Radiologia. 2018; 60 (5): 404–412.
13. Muhlethaler W., Tan Y. L., Mueller S. G., Knowlton R. MRI-negative temporal lobe epilepsy — What do we know? Epilepsia. 2017. 58 (5): 727–742.
14. Прокудин М.Ю., Базилевич А.М., Моисеева А.М. Информативность ЭЭГ-видеомониторинга у больных с эпилепсией. Известия Российской Военно-медицинской академии. 2020; 2 (39): 132–135.
15. Prokudin M.Yu., Bazilevich S.N., Moiseeva A.M., Murzakanova D.A., Dyskin D.E. Informative value of EEG Video Monitoring in patients with epilepsy. Russian Medical Military Academy Reports. 2020; 2 (39): 132–135. (in Russian).
16. Александров М.В., Чикуров А.А., Топоркова О.А. и др. Нейрофизиологический интраоперационный мониторинг в нейрохирургии: руководство. — 2-е изд. / под ред. М.В. Александрова. — Санкт-Петербург: СпецЛит, 2020. — 159 с.
17. Alexandrov M.V., Chikurov A.A., Toporkova O.A. and other Neurophysiological intraoperative monitoring in neurosurgery: a guide. — 2nd ed. / ed. M.V. Alexandrova. — St. Petersburg: SpetsLit, 2020. — 159 p. (in Russian).
18. Сумский А. И., Березина Н.Ю. Электрическая активность новой коры и гиппокампа у больных с фармакорезистентной формой височной эпилепсией // Материалы XXIII съезда Физиологического общества им. И. П. Павлова, Воронеж, 2017. — С. 592–593.
19. Sumsky L.I., Berezina N.Yu. Electrical activity of the neocortex and hippocampus in patients with drug-resistant form of temporal lobe epilepsy // Proceedings of the XXIII Congress of the Physiological Society. I. P. Pavlova, Voronezh, 2017. — С. 592–593. (in Russian).
20. Астахова Е.А., Черенкова С.Э., Марченко Е.В., Себелев К.И., Александров М.В. Взаимотношение биоэлектрической активности и структурных изменений в гиппокампе при височной фармакорезистентной эпилепсии. Трансляционная медицина. 2021;8(2):5–13.
21. Astakhova EA, Cherenkova SE, Marchenko EV et al. The relationship of bioelectric activity and structural changes in the hippocampus at pharmacoresistant temporal lobe epilepsy. Translational Medicine 2021;8(2):5–13 (in Russian). <https://doi.org/10.18705/2311-4495-2021-8-2-5-13>

14. Черенкова С.Э., Тастанбеков М.М., Назаров Р.В., Александров М.В. Мониторинг биоэлектрической активности гиппокампального комплекса: действие ингаляционных анестетиков как функциональная проба. Медицинский алфавит. 2021;(28):16–22.
Cherenkova S.E., Tastanbekov M.M., Nazarov R.V., Aleksandrov M.V. Bioelectric activity monitoring of the hippocampal complex: action of inhalation anesthetics as a functional sample. Medical alphabet. 2021;(28):16–22. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2021-28-16-22> (in Russian).
15. Quigg M, Harden C. Minimally invasive techniques for epilepsy surgery: stereotactic radiosurgery and other technologies. J Neurosurg. 2014;121 Suppl:232–240. PMID: 25434958 <https://doi.org/10.3171/2014.8.GKS141608>
16. Александров М.В., Улитин А.Ю., Берснев В.П., и др. Структурно-функциональная организация эпилептического очага. Российский нейрохирургический журнал им. профессора А.П. Поленова. 2017; 9 (2): 5–9.
Aleksandrov M.V., Ulitin A.Yu., Pavlovskaya M.E., Bersnev V.P., Abramov K.B., Arkhipova N.B. Structural and functional organisation of epileptic focus. Russian Neurosurgical Journal named after professor A.L. Polenov. 2017; 9 (2): 5–9. (in Russian).

Информация об авторах

Васина С.Э., врач-невролог отделения клинической нейрофизиологии¹
Тастанбеков М.М., д.м.н., руководитель нейрохирургического отделения № 6¹. SPIN-код: 1822–0196. <https://orcid.org/0000-0003-3675-9302>
Александров А.М., клинический ординатор кафедры нервных болезней²
Чухловин А.А., к.м.н., заведующий лабораторией нейрофизиологического мониторинга отделения клинической нейрофизиологии¹. SPIN-код: 3222–8999; <https://orcid.org/0000-0003-2840-3365>
Одинцова Г.В., к.м.н., старший научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории эпилептологии¹. SPIN 1303–4651; <https://orcid.org/0000-0002-7186-0054>
Александров М.В., д.м.н. проф., зав. отделом клинической нейрофизиологии¹, заведующий кафедрой нормальной физиологии³. SPIN 5452–8634, <https://orcid.org/0000-0002-9935-3249>

¹ Федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр им. В.А. Алмазова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Санкт-Петербург

² Федеральное государственное бюджетное учреждение высшего профессионального образования «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет», Санкт-Петербург, Российская Федерация

³ Федеральное государственное бюджетное военное образовательное учреждение высшего образования «Военно-медицинская академия имени С.М. Кирова» Министерства обороны Российской Федерации, Санкт-Петербург, Российская Федерация

Автор для переписки: Александров Михаил Всеволодович
E-mail: mdoktor@yandex.ru

Author information

Vasina S.E., Neurologist of the Department of Clinical Neurophysiology¹
Tastanbekov M.M., MD, PhD, head of the Neurosurgical Department No. 6¹. SPIN-код: 1822–0196, <https://orcid.org/0000-0003-3675-9302>
Aleksandrov A.M., Clinical Resident, Department of Nervous Diseases²
Chukhlov A.A. MD, Head of the Laboratory of Neurophysiological Monitoring¹, Russia. SPIN-код: 3222–8999 <https://orcid.org/0000-0003-2840-3365>
Odintsova G.V., chief researcher, head of Epilepsy Research Laboratory¹, SPIN 1303–4651 <https://orcid.org/0000-0002-7186-0054>
Aleksandrov M.V., MD, PhD, Professor, head of Clinical Neurophysiology Department¹, head of Normal Physiology Department³. SPIN 5452–8634, <https://orcid.org/0000-0002-9935-3249>

¹ Almazov National Medical Research Center, Saint Petersburg, Russian Federation;

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

³ S.M. Kirov Military Medical Academy, St. Petersburg, Russian Federation

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

Статья поступила / Received 01.04.2023
 Получена после рецензирования / Revised 02.04.2023
 Принята в печать / Accepted 02.04.2023

Для цитирования: Васина С.Э., Тастанбеков М.М., Александров А.М., Чухловин А.А., Одинцова Г.В., Александров М.В. Характеристика биоэлектрической активности гиппокампального комплекса при фармакорезистентной мезиальной эпилепсии. Медицинский алфавит. 2023;(15):18–23. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2023-15-18-23>

For citation: Vasina S.E., Tastanbekov M.M., Aleksandrov A.M., Chukhlov A.A., Odintsova G.V., Aleksandrov M.V. Characteristics of bioelectric activity in hippocampal region in drug-resistant mesial epilepsy. Medical alphabet. 2023;(15):18–23. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2023-15-18-23>



Изменение параметров альфа-ритма при использовании методики кистевого теппинга у больных с генерализованной генетической эпилепсией

Е. А. Народова¹, Н. А. Шнайдер^{1,2}, В. В. Народова¹

¹ ФГБОУ ВО «Красноярский государственный медицинский университет имени профессора В. Ф. Войно-Ясенецкого» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Красноярск

² ФГБУ «Национальный исследовательский медицинский центр психиатрии и неврологии имени В. М. Бехтерева» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Санкт-Петербург

РЕЗЮМЕ

Цель. Исследовать влияние приложения EpiTapp® на синхронизацию альфа-ритма у пациентов с генетической генерализованной эпилепсией. **Материалы и методы.** Общее число выборки — 81 человек, из них: пациенты, страдающие юношеской миоклонической эпилепсией (основная группа, средний возраст — 27 [23; 38] лет) — 30 человек; здоровые добровольцы (контрольная группа, средний возраст — 39 [21; 56] лет) — 51 человек. **Результаты.** Настоящее исследование продемонстрировало, что кистевой теппинг с использованием приложения EpiTapp® статистически значительно изменяет выраженность синхронизации альфа-ритма при юношеской миоклонической эпилепсии. При этом уменьшение синхронизации альфа — ритма достигается в 66,7% случаев. **Заключение.** Полученные нами результаты изменения биоэлектрической активности головного мозга после сеанса кистевого теппинга, свидетельствуют о возможном применении приложения EpiTapp®, в качестве метода немедикаментозной реабилитации, относящегося к программам самоуправления приступами у пациентов с юношеской миоклонической эпилепсией.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: эпилепсия, судороги, кора головного мозга, электроэнцефалография, резонанс, тэппинг, альфа-ритм, EpiTapp®, ЮМЭ.

Changes in alpha rhythm parameters when using the wrist tapping method in patients with generalized genetic epilepsy

E. A. Narodova¹, N. A. Shnyder^{1,2}, V. V. Narodova¹

¹ Voino-Yasenetsky Krasnoyarsk State Medical University, Krasnoyarsk, Russia

² Bekhterev National Medical Research Centre for Psychiatry and Neurology, Saint Petersburg, Russia

SUMMARY

Target. To investigate the effect of the EpiTapp® application on alpha rhythm synchronization in patients with genetic generalized epilepsy. **Materials and methods.** The total sample size was 81 people, including: patients suffering from juvenile myoclonic epilepsy (main group, mean age — 27 [23; 38] years) — 30 people; healthy volunteers (control group, mean age — 39 [21; 56] years) — 51 people. **Results.** The present study showed that wrist tapping using the EpiTapp® application statistically significantly reduced the degree of alpha synchronization in juvenile myoclonic epilepsy. At the same time, a decrease in the synchronization of the alpha rhythm is achieved in 66.7% of cases. **Conclusion.** Our results of changes in the bioelectrical activity of the brain after a session of wrist tapping indicate the possibility of using the EpiTapp® application as a non-drug rehabilitation method related to seizure relief programs in patients with juvenile myoclonic epilepsy.

KEY WORDS: epilepsy, seizures, cerebral cortex, electroencephalography, resonance, tapping, alpha rhythm, EpiTapp®, JME.

ВВЕДЕНИЕ

Как известно, основой эпилептогенеза является гиперсинхронизация нейронов в эпилептическом очаге. Используя явление резонанса, заключающегося в резком увеличении амплитуды колебаний системы и гиперсинхронизации гипотетически возможно через воздействие внешних стимулов на различных частотах которые помогают уменьшить явление гиперсинхронизации гипервозбудимых нейронов в эпилептогенном очаге.

В эпилептологии активно изучаются не только традиционные медикаментозные, но и немедикаментозные методы реабилитации эпилепсии [1] среди которых активно разрабатывается методика кистевого теппинга [2], которая значительно снижает уровень тревожности у людей страдающих эпилепсией [3]. Однако, при проведении критического обзора ранее проведенных исследований нами не найдено работ, которые изучали влияние моноаурального кистевого теппинга не доминантной кистью, на степень выраженности синхронизации корковой ритмики в альфа — диапазоне

частот. Выход новых клинических рекомендаций [4] в которых отдельным разделом рассматривается возможность реабилитации взрослых пациентов с эпилепсией, стимулирует поиск новых немедикаментозных реабилитационных методик, относящихся к программам самоуправления эпилептическим приступом.

Цель настоящего исследования — исследовать влияние приложения EpiTapp® на синхронизацию альфа-ритма у пациентов с генетической генерализованной эпилепсией.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Общая выборка была разделена на две группы сравнения. В основную группу включались: пациенты, страдающие юношеской миоклонической эпилепсией мужского и женского пола в двух возрастных периодах, включая: юношеский (муж. — от 17 до 21 года; жен. — от 16 до 20 лет); средний (муж. — от 22 до 60 лет; жен. — от 21 до 55 лет). Все участники основной группы были русскоговорящими, европейского происхождения.

В контрольную группу включались здоровые добровольцы мужского и женского пола в двух возрастных периодах, включая: юношеский (муж. — от 17 до 21 года; жен. — от 16 до 20 лет); средний (муж. — от 22 до 60 лет; жен. — от 21 до 55 лет). Все участники контрольной группы также были русскоговорящими, европейского происхождения. На этапе рандомизации из исследования были исключены: участники мужского пола моложе 17 лет и участники женского пола моложе 16 лет. Кроме того, участники в других исследованиях, участники с острыми и хроническими психоневрологическими и эндокринными расстройствами исключались из настоящего исследования.

Общая выборка составила 81 участник, включая: 51 доброволец (группа контроля), медиана возраста составила 39 [21; 56] лет; 30 пациентов с юношеской миоклонической эпилепсией (основная группа), медиана возраста составила 27 [23; 38] лет.

Во время сеанса кистевого теппинга участник наносил удар указательным пальцем не доминантной кисти по экрану мобильного электронного устройства (оперативная система на базе Android). Приложение EpiTapp® автоматически параметры кистевого теппинга, при этом на экране мобильного устройства отображалось механограмма на которой вертикальные столбики соответствовали моменту прикосновения пальца кисти к экрану мобильного устройства.

Запись компьютерной ЭЭГ осуществлялась с использованием электронцефалографа «Нейрокартограф», (МБН, Россия). Запись фоновой индуцированной и остаточных изменений корковой ритмики проводилось в условиях сенсорной депривации (закрытые глаза участника исследования, исключение воздействия внешних звуков кроме звукового сигнала приложения EpiTapp® (патент РФ № 2606489)). Запись ЭЭГ и сеанса кистевого теппинга осуществлялись в первую половину дня. В исследование изучаются следующих показателей альфа-ритма включая: частоте (минимальную и максимальную) в O1–O2 (Гц), ширину и форму пика альфа-ритма (монопик, бипик, полипик), а также мощность альфа-ритма (Гц/мкВ²). Все вышеперечисленные показатели альфа-ритма ана-

лизировались в динамике в двух временных периодах: фоновые показатели (до проведения кистевого теппинга); индуцированные показатели (во время проведения кистевого теппинга).

Статистический анализ полученных результатов, проводился с использованием лицензионной программы Statistica версия 10 (StatSoft, США). Распределение полученных данных анализировались с использованием критерия Шапиро-Уилка. Определение статистической значимости межгрупповых различий проводилось с использованием непараметрического критерия Вилкоксона, при этом межгрупповые различия считались статистически значимыми при значении $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Было показано что в группе контроля наблюдалось статистически значимое изменение частоты ($p < 0,001$) и мощности ($p < 0,05$) пика альфа-ритма в затылочных отведениях, при этом ширина плато пика альфа-ритма статистически значимо не менялась ($p > 0,05$), табл. 1.

Изменение формы пика альфа-ритма в затылочных отведениях выявлено в 70,6% случаев, в том числе: 43,1% — расщепление пика с трансформацией в полипик; 27,5% — сокращение числа пиков. Только в 29,4% случаев изучаемые параметры альфа-ритма не менялись. В качестве демонстрации динамики формы и параметров альфа-ритма до и после кистевого теппинга с использованием приложения EpiTapp® у участников контрольной группы, приводится рисунок 1.

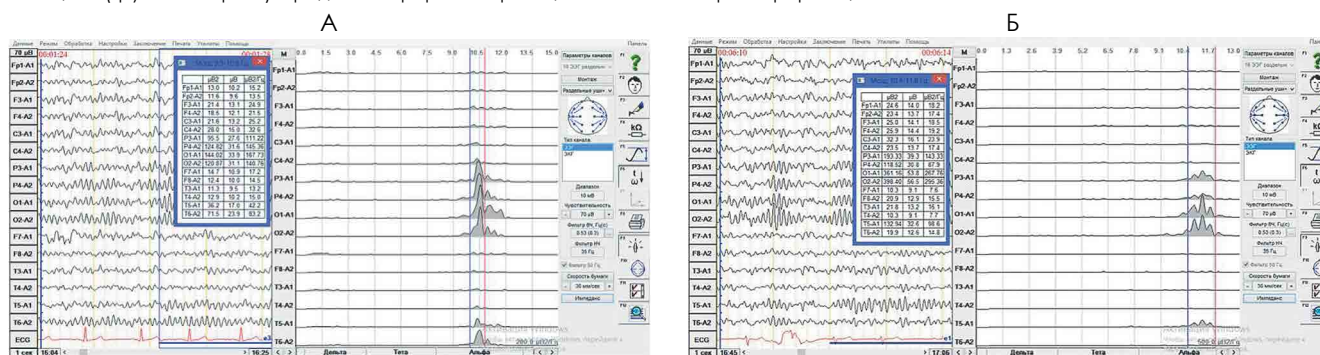
Исследования параметров альфа-ритма в основной группе (юношеская миоклоническая эпилепсия), продемонстрировало что кистевой теппинг с использованием

Таблица 1
Параметры альфа-ритма в затылочных отведениях до и после кистевого теппинга в контрольной группе (N = 51)

Параметры	До сеанса Me [Q25; Q75]	После сеанса Me [Q25; Q75]	*p
Частота пика (Гц)	10,2 [9,6; 10,8]	10,6 [10; 11,1]	0,000613
Мощность (мкВ ²)	58,8 [32,1; 147,4]	47,1 [20,7; 105,22]	0,018
Абсолютная спектральная плотность мощности (мкВ ² /Гц)	1357,4 [688; 2913]	1398,172 [501; 1472]	0,00036
Ширина пика или плато (Гц)	1,2 [1; 1,5]	1,2 [0,7; 1,8]	0,2

Примечание* — статистическая значимость межгрупповых различий по критерию Вилкоксона.

Рисунок 1. Динамика формы и параметров альфа-ритма в затылочных отведениях до (А) и после (Б) сеанса кистевого теппинга у 26-летней женщины (группа контроля): продемонстрировано расщепление пика с трансформацией в полипик



приложения EpiTarr® статистически значимо изменял частоту ($p < 0,05$) и мощность ($p < 0,05$) пика альфа-ритма, а также абсолютную спектральную плотность мощности альфа-ритма ($p < 0,05$). Кроме того, отмечен статистически значимый рост ширины диапазона альфа-ритма после проведения сеанса кистевого теппинга ($p < 0,05$), (таблица 2).

Изменение пика альфа-ритма под влиянием кистевого теппинга в основной группе отмечено в 66,7% случаев, включая: 36,7% — расщепление пика с трансформацией в полипик; 30,0% — уменьшение числа пиков. Только в 33,3% случаев форма пика альфа-ритма не менялась. Ниже приведен пример изменения характеристик альфа-ритма до и после проведения кистевого теппинга у пациентки с ЮМЭ (рисунок 2).

Динамика характеристик пика альфа-ритма в затылочных отведениях после сеанса кистевого теппинга (EpiTarr®) в контрольной и основной группах сравнения, продемонстрировано на рисунке 3.

Настоящее исследование продемонстрировало, что кистевой теппинг с использованием приложения EpiTarr® статистически значимо изменяет выраженность синхронизации альфа-ритма при юношеской миоклонической эпилепсии. При этом уменьшение синхронизации альфа-ритма достигается в 66,7% случаев.

ОБСУЖДЕНИЕ

Известно, что степень синхронизации/гиперсинхронизации корковой ритмики у пациентов страдающих эпилепсией играет важную роль в эпилептогенезе. При этом исследователи уделяют большое внимание степени синхронизации/гиперсинхронизации корковой ритмики в альфа- и бета- диапазонах частот, как при исследовании

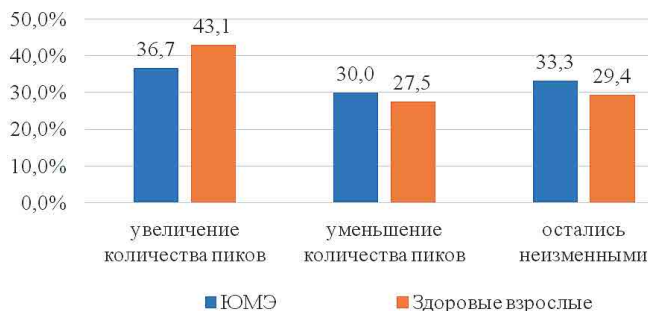


Рисунок 3. Динамика формы пика альфа-ритма в затылочных отведениях до и после сеанса кистевого теппинга с использованием приложения EpiTarr® в основной и контрольной группах

механизмов регуляции и изменений функционального состояния организма человека, так и в механизмах эпилептогенеза [5], [6].

Кроме того, исследование функциональных нейронных сетей покоя в головного мозга у пациентов страдающих эпилепсией проведенные с использованием функциональной магнитно-резонансной томографии, продемонстрировали что их активность варьирует в масштабе от 1 секунды до 1 минуты [7], [8]. Процессы синхронизации/гиперсинхронизации корковой ритмики у людей находящихся в различных физиологических и патологических состояниях организма, меняются в зависимости от прибывания в активном бодрствовании или релаксации. Кроме того, на процессы синхронизации/гиперсинхронизации влияет наличие тревоги [3].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

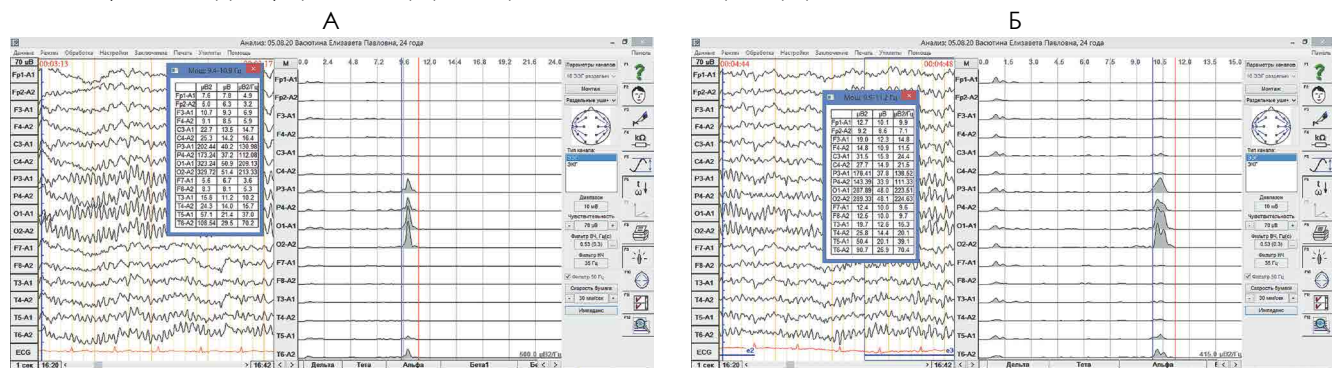
Таким образом, полученные результаты показывают статистически значимое снижение синхронизации/гиперсинхронизации альфа-ритма на фоне применения приложения EpiTarr®, что проявляется в смещении частоты в альфа2-субдиапазон, а также в уменьшении пиковой мощности в основной группе и расщепление пика в обеих подгруппах. Нами также было найдено, что ширина альфа-пика, после сеанса кистевого теппинга, статистически достоверно увеличивается в затылочных отведениях лишь в основной группе наблюдения, тогда как в контрольной группе этот показатель не изменяется. Согласно представлениям об эпилептогенезе, как о синхронизации/гиперсинхронизации корковой ритмики, полученные нами резуль-

Таблица 2
Параметры альфа-ритма в затылочных отведениях до и после сеанса кистевого теппинга в основной группе (N = 30)

Параметры	До сеанса Me [Q25; Q75]	После сеанса Me [Q25; Q75]	*p
Частота пика (Гц)	10,1 [9,6; 10,6]	10,25 [10; 11]	0,0024
Мощность (мкВ2)	37,7 [20,9; 81,5]	37 [12; 64,6]	0,013
Абсолютная спектральная плотность мощности (мкВ2/Гц)	2203,5 [944; 5888]	1865 [676; 3442]	0,002
Ширина пика или плато (Гц)	-1,45 [-2,7; 1,2]	1,85 [1,1; 2,7]	0,0001

Примечание* — по критерию Вилкоксона.

Рисунок 2. Динамика формы и параметров альфа-ритма в затылочных отведениях до (А) и после (Б) сеанса кистевого теппинга у 24-летней женщины (основная группа): продемонстрировано расщепление пика с трансформацией в полипик



таты изменения биоэлектрической активности головного мозга после сеанса кистевого теппинга, свидетельствуют о возможном применении приложения EpiTapp®, в качестве метода немедикаментозной реабилитации, относящегося к программам самоуправления приступами у пациентов с юношеской миоклонической эпилепсией [9].

Конфликт интересов отсутствует

Вклад авторов все авторы приняли равнозначное участие в написании и оформлении настоящей статьи.

Список литературы / References

1. Shnayder N., Narodova E., Narodova V., Narodov A., Erahtin E. The Role of Nondrug Treatment Methods in the Management of Epilepsy. In: *Epilepsy — Advances in Diagnosis and Therapy*. IntechOpen, 2019. DOI: 10.5772/intechopen.81912. [cited 2020 Sep 3]. Available from: <https://www.intechopen.com/books/epilepsy-advances-in-diagnosis-and-therapy/the-role-of-nondrug-treatment-methods-in-the-management-of-epilepsy>
2. Narodova E. A., Rudnev V. A., Shnayder N. A., Narodov A. A., Erahtin E. E. Comparison of Wrist Tapping Parameters in Healthy Adults with and Without Anxiety Using a Modified Original Technique. *International Journal of Biomedicine*. 2018;8(3):240–243. DOI: 10.21103/Article8(3)_OA15.
3. Narodova E. A., Shnayder N. A., Narodova V. V., Erahtin E. E., Шилкина О. С., Москалева П. В. Влияние тревожности на параметры постукивания по запястью

и индивидуальное восприятие одной минуты у здоровых взрослых и больных юношеской миоклонической эпилепсией. *Психосоматические и интегративные исследования*. 2018;4:0404.

4. Narodova E. A., Shnayder N. A., Narodova V. V., Erahtin E. E., Shilkina O. S., Moskaleva P. V. Influence of anxiety on wrist tapping parameters and individual perception of one minute in healthy adults and in patients with juvenile myoclonic epilepsy. *Psichosomaticheskie i integrativnye issledovaniya — Psychosomatic and Integrative Research*. 2018;4:0404. [In Russ.].
4. Клинические рекомендации «Эпилепсия и эпилептический статус у взрослых и детей» от 2022 года
5. Ivanitsky A. M., Nikolaev A. R., Ivanitsky G. A. Cortical connectivity during word association search. *Int J Psychophysiol*. 2001;42(1):35–53. DOI: 10.1016/S0167-8760(01)00140-4.
6. Nunez P. L., Wingeier B. M., Silberstein R. B. Spatial-temporal structures of human alpha rhythms: theory, microcurrent sources, multiscale measurements, and global binding of local networks. *Hum Brain Mapp*. 2001;13(3):125–164. DOI: 10.1002/hbm.1030.
7. Smith T., Panfil K., Bailey C., Kirkpatrick K. Cognitive and behavioral training interventions to promote self-control. *J Exp Psychol Anim Learn Cogn*. 2019;45(3):259–279. DOI: 10.1037/xan0000208.
8. Hutchison R. M., Morton J. B. Tracking the Brain's Functional Coupling Dynamics over Development. *J Neurosci*. 2015;35(17):6849–6859. DOI: 10.1523/JNEUROSCI.4638-14.2015.
9. Народова Е. А., Шнайдер Н. А., Карнаухов В. Е., Народова В. В. Опыт применения приложения EpiTapp при структурной фокальной эпилепсии. *Эпилепсия и пароксизмальные состояния*. 2021;13(4):367–376. <https://doi.org/10.17749/2077-8333/epi.par.con.2021.066>
- Narodova E. A., Shnayder N. A., Karnaukhov V. E., Narodova V. V. Experience of using EpiTapp application in structural focal epilepsy. *Epilepsy and paroxysmal conditions*. 2021;13(4):367–376. [In Russ.] <https://doi.org/10.17749/2077-8333/epi.par.con.2021.066>

Информация об авторах

Народова Екатерина Анатольевна, кандидат медицинских наук, доцент кафедры нервных болезней¹. ORCID: 0000-0002-6184-9206

Шнайдер Н. А., д.м.н., проф., главный научный сотрудник, заместитель руководителя Института персонализированной психиатрии и неврологии^{1,2} ORCID: 0000-0002-2840-837X

Народова В. В., д.м.н., проф.¹ ORCID: 0000-0003-4081-5805

¹ ФГБОУ ВО «Красноярский государственный медицинский университет имени профессора В. Ф. Войно-Ясенецкого» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Красноярск

² ФГБУ «Национальный исследовательский медицинский центр психиатрии и неврологии имени В. М. Бехтерева» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Санкт-Петербург

Автор для переписки: Народова Екатерина Анатольевна

E-mail: katya_n2001@mail.ru

Author information

Narodova E. A.¹ ORCID: 0000-0002-6184-9206

Shnayder N. A., Doctor of medical Science, Professor, Chief Researcher, Deputy Head of the Institute of Personalized Psychiatry and Neurology^{1,2} ORCID: 0000-0002-2840-837X

Narodova V. V.¹ ORCID: 0000-0003-4081-5805

¹ Voino-Yasensky Krasnoyarsk State Medical University, Krasnoyarsk, Russia

² Bekhterev National Medical Research Centre for Psychiatry and Neurology, Saint Petersburg, Russia

Corresponding author: Narodova E. A.

E-mail: katya_n2001@mail.ru

Статья поступила / Received 02.04.2023

Получена после рецензирования / Revised 29.04.2023

Принята в печать / Accepted 29.04.2023

Для цитирования: Народова Е. А., Шнайдер Н. А., Народова В. В. Изменение параметров альфа-ритма при использовании методики кистевого теппинга у больных с генерализованной генетической эпилепсией. *Медицинский алфавит*. 2023;15:24–27. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2023-15-24-27>

For citation: Narodova E. A., Shnayder N. A., Narodova V. V. Changes in alpha rhythm parameters when using the wrist tapping method in patients with generalized genetic epilepsy. *Medical alphabet*. 2023;15:24–27. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2023-15-24-27>



Трехмерный векторный анализ ЭКГ в диагностике блокады передневерхней ветви левой ножки пучка Гиса

Ю. Э. Терегулов^{1,2,4}, Е. А. Ацель¹, С. Ф. Ганиева¹, Е. Т. Терегулова¹, М. С. Максимова¹,
А. Ю. Терегулов^{3,4}, З. А. Камалетдинова⁵

¹ Казанская государственная медицинская академия — филиал ФГБОУ ДПО РМАНПО

Минздрава России, г. Казань

² ФГБОУ ВО «Казанский государственный медицинский университет» Минздрава России, г. Казань

³ ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», Россия, г. Казань

⁴ Государственное автономное учреждение здравоохранения «Республиканская клиническая больница» Министерства здравоохранения Республики Татарстан, г. Казань

⁵ Научно-клинический и образовательный центр по специальности «Лучевая диагностика и ядерная медицина» ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет», г. Санкт-Петербург

РЕЗЮМЕ

Актуальность исследования обусловлена сложностью дифференциальной диагностики блокады передневерхней ветви левой ножки пучка Гиса (БПВЛНПГ) с перенесенным инфарктом миокарда и гипертрофией левого желудочка на основании стандартной ЭКГ. **Цель исследования.** Определение критериев БПВЛНПГ по данным трехмерной векторкардиографии с анализом скорости формирования векторной петли. **Материал и методы.** В исследование включено 85 пациентов, которым было проведено ЭКГ исследование в 12 отведениях. Отобраны 2 группы пациентов. Основная группа 56 пациентов с БПВЛНПГ средний возраст составил $63,3 \pm 16,6$ (M $\pm$ SD) лет, из них 34 мужчины и 22 женщины. Контрольная группа включала 29 здоровых лиц, средний возраст составил $21,4 \pm 2,5$ (M $\pm$ SD) лет, из них 12 мужчин и 17 женщин. Всем пациентам была проведена синхронная регистрация 12 стандартных отведений ЭКГ в ИС «Единый кардиолог Республики Татарстан» и проведена реконструкция трехмерной векторкардиограммы по системе МакФи-Парунгао с анализом скорости формирования векторной петли, используя программное обеспечение EasyECG Rest ATES Medica (Россия). **Результаты исследования и выводы.** Показано, что для БПВЛНПГ характерно во фронтальной плоскости движение векторной петли против часовой стрелки; наличие 2-х экстремумов, второй направлен вверх, направо и назад. На графике скорости формирования пространственной векторной петли регистрируются 2 пика со снижением скорости в конечной части петли QRS в 2–2,5 раза относительно первого пика, что отражает замедление возбуждения миокарда в выходном отделе левого желудочка.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: блокада передневерхней ветви левой ножки пучка Гиса, векторкардиография, собственная плоскость, индекс планарности, электрокардиография, инфаркт миокарда нижней стенки.

Three-dimensional vector ECG analysis in the diagnosis of the left anterior fascicular block

Yu. E. Teregulov^{1,2,3}, E. A. Atsel¹, S. F. Ganieva¹, E. T. Teregulova¹, M. S. Maksimova¹, A. Yu. Teregulov^{3,4},
Z. A. Kamaletdinova⁵

¹ KSMA-Branch Campus of the FSBEI FPE RMACPE MOH Russia, Kazan, Russian Federation

² FSBEI HE Kazan SMU MOH Russia, Kazan, Russian Federation

³ Republican Clinical Hospital Ministry of health Republic of Tatarstan, Kazan, Russian Federation

⁴ Kazan Federal University, Kazan, Russian Federation

⁵ Scientific, Clinical and Educational Center for Radiation Diagnostics and Nuclear Medicine FSBEI HE St. Petersburg State University, St. Petersburg

SUMMARY

The relevance of the study is due to the complexity of the differential diagnosis of left anterior fascicular block (LAFB) with myocardial infarction and left ventricular hypertrophy based on a standard ECG. **Aim.** Determination of the criteria for LAFB according to the data of three-dimensional vectorcardiography with an analysis of the rate of formation of the vector loop. **Material and research methods.** The study included 85 patients who underwent a 12-lead ECG study. 2 groups of patients were selected. The main group of 56 patients with LAFB, mean age was 63.3 ± 16.6 (M $\pm$ SD) years, 34 men and 22 women. The control group included 29 healthy individuals, the mean age was 21.4 ± 2.5 (M $\pm$ SD) years, 12 men and 17 women. All patients underwent synchronous recording of 12 standard ECG leads in the IS «Unified Cardiologist of the Republic of Tatarstan» and reconstruction of a three-dimensional vectorcardiogram using the McFee-Parungao system with an analysis of the vector loop formation rate using EasyECG Rest ATES Medica software (Russia). **Results and conclusions.** It is shown that for LAFB the movement of the vector loop counterclockwise is typical in the frontal plane; the presence of 2 extrema, the second is directed upwards, to the right and back. On the graph of the rate of formation of a spatial vector loop, 2 peaks are recorded with a decrease in the rate in the final part of the QRS loop by 2–2.5 times relative to the first peak, which reflects a slowdown in myocardial excitation in the output section of the left ventricle.

KEYWORDS: left anterior fascicular block, vectorcardiography, own plane, planarity index, electrocardiography, inferior wall myocardial infarction

АКТУАЛЬНОСТЬ ИССЛЕДОВАНИЯ: Трехпучковое деление левой ножки пучка Гиса (ЛНПГ) было показано еще S. Tawara в 1906 г. [1], и доказано более поздними работами многих исследователей [2, 3]. Выделяются передне-верхняя, срединная и задненижняя ветви ЛНПГ.

При различных патологических процессах в миокарде левого желудочка (ЛЖ) могут возникать блокады проведения по отдельным ветвям ЛНПГ, что приводит к изменениям процессов возбуждения миокарда ЛЖ и отражается на электрокардиограмме.

Наиболее часто встречается блокада передневерхней ветви ЛНПГ (БПВЛНПГ), которая по данным эпидемиологических исследований была выявлена у 1,5% людей в возрасте 45–69 лет, а у 60% из них это был единственный признак поражения миокарда [4].

Это связано с тем, что передневерхний пучок расположен в выводном тракте ЛЖ и подвергается большой гемодинамической нагрузке, он тоньше и длиннее чем задненижний [5].

БПВЛНПГ может быть, как врожденным дефектом, так и приобретенным. Она способна возникать и как самостоятельная патология при дегенеративных процессах проводящей системы сердца, и вследствие ряда заболеваний, таких как артериальная гипертензия (АГ), ишемия, инфаркт миокарда (ИМ), кардиомиопатии, миокардиты и др.

Клиническая значимость не определена. С одной стороны, при отсутствии структурных заболеваний сердца БПВЛНПГ обычно рассматривают как доброкачественную аномалию желудочковой проводимости [6, 7]. Однако, S. Ding с соавторами [8] подтвердили клиническое значение самой патологии: смертность как от сердечно-сосудистых заболеваний, так и от всех причин, была значительно выше у пациентов с БПВЛНПГ. Данные представлены на основании подтвержденных аутопсией исходах у людей с БПВЛНПГ. Необходимо также учитывать, что возможность прогрессирования БПВЛНПГ до полной блокады ЛНПГ составляет 7%, а до полной АВ блокады — 3% [9].

Высокую роль по клинической значимости занимает сочетание БПВЛНПГ и блокады правой ножки пучка Гиса (БПНПГ). Данная патология рассматривается и как врожденная аномалия, и как приобретенный дефект в результате травмы груди, гиперкалиемии, прогрессирующей офтальмоплегии и т. д. Ряд авторов выявил прогрессирование БПВЛНПГ с БПНПГ вплоть до АВ-блокады в 10% случаев [10].

Имеющиеся данные свидетельствуют о том, что прогностическая ценность БПВЛНПГ различна в разных популяциях пациентов. Будущие проспективные исследования необходимы для оценки прогностической ценности БПВЛНПГ, независимо от основного заболевания сердца [11, 12].

Основным методом диагностики БПВЛНПГ является электрокардиография в 12 стандартных отведениях. Frank Wilson [13] в 1934 году первым предположил, что БПВЛНПГ может объяснить отклонение электрической оси сердца (ЭОС) влево в некоторых случаях БПНПГ. В 1956 году Grant [14] предположил, что отклонение результирующего вектора сердца влево может быть вызвано блоком передних волокон ЛНПГ. В 1969 году M. B. Rosenbaum с соавт. [15] описали ЭКГ-критерии БПВЛНПГ. Однако, в наше время, после более чем 50 лет исследований БПВЛНПГ, ее определение и клиническое значение остаются спорными.

Прежде всего, это связано с тем, что сочетание БПВЛНПГ с гипертрофией миокарда ЛЖ (ГЛЖ) на фоне АГ и постинфарктным кардиосклерозом ЛЖ, особенно нижней стенки, вызывают объективные сложности ЭКГ диагностики БПВЛНПГ.

Общепринято, что специфическим признаком БПВЛНПГ является резкое отклонение ЭОС влево, причем, что касается степени отклонения, единого мнения у разных исследователей нет. Так пограничные значения ЭОС колеблются от -30° [16] до -60° [4, 17]. Ряд авторов выделяют полную и неполную формы БПВЛНПГ, разделяя эти состояния только по значению ЭОС. Так В. Н. Орлов считает, что для неполной блокады характерна ЭОС от -45° до -60° , более резкое отклонение влево относится к полной БПВЛНПГ. Однако он также указывает, что неполная БПВЛНПГ может быть установлена при резком изменении ЭОС у больного и приводит пример внезапного изменения ЭОС с $+60^\circ$ до 0° , и в этом случае он считает, что должна быть установлена неполная БПВЛНПГ [4]. По мнению Ф. Е. Останюка, М. И. Кечкера и В. П. Паршуковой это отклонение должно составлять не менее 40° [18]. Таким образом, из рассуждений этих авторов можно сделать вывод, что степень отклонения ЭОС влево более -30° или -60° не является абсолютно неизменным и может корректироваться в зависимости от исходного положения ЭОС до развития БПВЛНПГ.

Таким образом, ЭКГ критерии можно представить в следующем виде:

Длительность (ширина) комплекса QRS не должна превышать 120 мс;

в стандартных отведениях:

- ЭОС отклоняется резко влево, угол альфа (α) $< -30^\circ$
- комплекс типа qR с высоким R в I и aVL;
- комплекс типа rS с глубоким S в II, III, aVF;
- в aVR может наблюдаться небольшой r';
- $RI > RII > RIII$;
- $SIII > RIII$; $SaVF > RaVF$;
- $SII > RII$ и $RaVR \geq Q(S)aVR$;

в грудных отведениях:

- увеличение зубца S в V5–V6, т. е. RS или Rs тип;
- смещение переходной зоны влево;
- часто на восходящей части зубца S появляются зазубрины в V1, V2 и r'.

Сложности дифференциальной диагностики БПВЛНПГ при наличии сочетанных изменений на ЭКГ очевидны. Это, прежде всего, касается гипертрофии левого и правого желудочков, постинфарктного кардиосклероза. Причем, может быть как гипердиагностика перенесенного ИМ переднеперегородочной области, при наличии комплекса qrS в отведениях V_1 – V_3 за счет БПВЛНПГ, так и гиподиагностика БПВЛНПГ при перенесенном нижнем инфаркте миокарда. Известно также, что БПВЛНПГ может нивелировать признаки гипертрофии правого желудочка сердца.

В связи с этим, ряд исследователей использовали векторкардиограмму (ВКГ) для поиска критериев более точной диагностики БПВЛНПГ и дифференциально-диагностических признаков при ГЛЖ и ИМ.

Блокировка импульса в передневерхнем пучке приводит к изменениям не только на ЭКГ, но и на ВКГ. Петля QRS меняет свою последовательность в результате более поздней деполяризации заблокированной зоны. Первично деполяризуются задненижние и переднеперегородочные участки миокарда вместе с почти одновременной деполяризацией

правого желудочка. Благодаря данному распределению сил, начальный вектор направлен вперед, вправо и вниз, отображая сумму процессов деполяризации медиального участка перегородки, задненижней части ЛЖ и участка правого желудочка. Затем, более мощный вектор, направлен вверх, влево и несколько назад в результате последовательной деполяризации сначала нижней части стенки ЛЖ, верхушки, заднебоковой части ЛЖ. Последней возбуждается передневерхняя часть ЛЖ. Движение петли QRS при БПВЛНПГ направлено против часовой стрелки. При этом петля Т не меняет своего направления, так как процессы реполяризации при БПВЛНПГ не изменены.

При проекции на фронтальную плоскость петля QRS направлена строго вверх и движется против часовой стрелки. При этом на горизонтальной плоскости петля QRS будет направлена вперед и назад [11, 19, 20, 21].

Выделяют следующие ВКГ-критерии в трех ортогональных плоскостях [16, 19, 22]:

Фронтальная плоскость:

1. Направление движения петли QRS против часовой стрелки, исключая случаи ИМ боковой стенки;
2. Основная часть петли QRS расположена сверху и слева, конечный участок может быть расположен справа;
3. Максимальный вектор вместе с вектором средней части петли располагаются сверху;
4. Начальные векторы расположены всегда в нижних квадрантах;
5. Вектор 10 мс расположен вблизи $+90^\circ$;
6. Вектор 40 мс расположен только в верхних квадрантах.

Горизонтальная плоскость:

1. Максимальный вектор находится сзади;
2. Начальные векторы расположены справа;
3. Вектор 10 мс расположен спереди и слева;
4. Движение открытой петли QRS, как правило, направлено кзади;
5. В случае формирования петли QRS в виде цифры восемь подозревают наличие сочетанной патологии сердца.

Сакитальная плоскость:

1. В 70% случаев направление движения петли QRS против часовой стрелки, в 25% случаев формирование петли QRS в виде цифры восемь;
2. Вектор 10 мс расположен внизу и спереди;
3. Вектор 40 мс расположен сверху.

Данный подход не учитывает направление конечных сил, связанных с возбуждением миокарда выходного отдела ЛЖ, который возбуждается последним из-за БПВЛНПГ. Мы также считаем, что необходимо учитывать скорость формирования векторной петли, которая отражает скорость возбуждения миокарда. Можно предположить, что резкое отклонение конечных сил векторной петли вверх, вправо и назад с замедлением возбуждения в этом участке миокарда ЛЖ, будет достоверным признаком БПВЛНПГ.

В настоящее время развитие цифровой ЭКГ позволило из стандартной ЭКГ в 12 отведениях, зарегистрированных синхронно, реконструировать трехмерную ВКГ.

Учитывая нерешенные вопросы диагностики БПВЛНПГ, мы провели исследование, целью которого явилось опре-

деление критерии БПВЛНПГ по данным трехмерной ВКГ с анализом скорости формирования векторной петли.

МАТЕРИАЛ ИССЛЕДОВАНИЯ

В исследование включено 85 пациентов, которым было проведено стандартное электрокардиографическое исследование в 12 отведениях. На основании ЭКГ-заключения двух врачей-экспертов были отобраны 2 группы пациентов. Основная группа включала 56 пациентов с БПВЛНПГ, из них 34 мужчины и 22 женщины, средний возраст которых составил $63,3 \pm 16,6$ (M $\pm$ δ) лет. Средний возраст для мужчин — $62,7 \pm 17,2$ (M $\pm$ δ) лет, для женщин — $65 \pm 16,1$ (M $\pm$ δ) лет.

Критериями для отбора в основную группу являлись ЭКГ-признаки БПВЛНПГ:

- длительность (ширина) комплекса QRS не должна превышать 0,11 с;
- ЭОС отклоняется резко влево, угол альфа (α) $< -30^\circ$;
- в стандартных отведениях была следующая картина: комплекс типа qR с высоким R в I и aVL; комплекс типа Rs с глубоким S в II, III, aVF; в aVR может наблюдаться небольшой r';
- соотношение зубцов в стандартных отведениях: $R_I > R_{II} > R_{III}$; $S_{III} > R_{III}$; $S_{aVF} > R_{aVF}$; $S_{II} > R_{II}$ и $R_{aVR} \geq Q$ (S)aVR;
- грудные отведения: преобладание зубца S над R в V_5-V_6 , т.е. RS или Rs тип; часто на зубце S появляются зазубрины в V_1, V_2 .

Наличие сопутствующей патологии, такой как, ИМ, БПНПГ, ГЛЖ, принималось за критерий исключения из основной группы.

В контрольную группу были включены 29 здоровых лиц, средний возраст которых составил $21,4 \pm 2,5$ (M $\pm$ δ) лет. Среди них были 12 мужчин, средний возраст — $21,3 \pm 2,8$ (M $\pm$ δ) лет и 17 женщин, средний возраст — $21,3 \pm 2,3$ (M $\pm$ δ) лет.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В нашем исследовании были использованы ЭКГ, снятые в 12 стандартных отведениях в ИС «Единый кардиолог Республики Татарстан» с последующим их преобразованием в программном обеспечении EasyECG Rest ATES Medica и реконструкции трехмерной ВКГ по системе МакФи-Парунгао.

Проведен анализ следующих параметров по данным стандартной ЭКГ:

- угол альфа (α) — электрическая ось сердца;
- продолжительность комплекса QRS;
- расположение переходной зоны в грудных отведениях.

По данным пространственной (трехмерной) ВКГ:

- максимальный вектор QRS — длина максимального вектора;
- площадь петли QRS в XYZ (Sn)— площадь поверхности пространственной петли QRS; расчет производится на сложении единичных плоскостей, образованных двумя векторами петли QRS, полученными путем соединения точки начала петли QRS с каждой

- последующей точкой петли QRS через каждые 10 мс;
- собственная плоскость петли QRS (Sc) — плоскость, имеющая максимальную площадь [23];
- индекс планарности (PI) — отношение площади собственной плоскости к площади поверхности пространственной петли QRS (Sn); отображает степень отклонения пространственной петли ВКГ от основной плоскости (Sc) и определяется по формуле в процентах: $PI = Sc/Sn \times 100\%$, если PI составляет 100%, то векторная петля плоская, снижение показывает степень отклонения от плоскостности [24];
- построен график скорости формирования пространственной векторной петли QRS в XYZ.

Во фронтальной плоскости (ФП) проводили оценку следующих параметров:

- форма векторной петли: наличие максимальных векторов, их расположение по 4 квадрантам. ВКГ была разделена на 4 квадранта, как показано на рисунке 1;
- направление движения векторной петли во ФП — по часовой и против часовой стрелки.

Статистический расчет материала выполнялся в программе Microsoft Excel. Данные представлены в виде максимальных, минимальных и средних значений ($M \pm \sigma$). Для определения достоверности результатов было проведено вычисление вероятности различий (p) по параметрическому непарному методу Стьюдента.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Данные ЭКГ в 12 стандартных отведениях у пациентов контрольной и основной групп представлены в таблице 1.

Исходя из полученных результатов, были выявлены достоверные различия показателей угла αQRS ($p < 0,001$) и продолжительности комплекса QRS ($p < 0,001$).

Резкое отклонение ЭОС влево от -30° до -90° у пациентов с БПВЛНПГ соответствует общепринятым критериям данной патологии.

В контрольной группе были пациенты с нормальным, горизонтальным и вертикальным расположением ЭОС.

Несмотря на различия ширины комплекса QRS между контрольной и основной группами, у пациентов с БПВЛНПГ данный параметр не выходит за рамки допустимых величин. Эти данные подтверждают информацию о том, что при БПВЛНПГ продолжительность деполяризации миокарда желудочков не изменяется или изменяется не более чем на 10 мс в силу того, что процесс возбуждения не нарушен, однако, выявляются изменения только в порядке распространения возбуждения [4].

При анализе переходной зоны ЭКГ в контрольной группе было выявлено, что в 86,2% случаев определено нормальное ее расположение (в V_3 и V_4), в 13,8% случаев переходная зона была умеренно смещена влево. В основной группе смещение переходной зоны влево наблюдалось в 44,6% случаев, вправо — в 44,7%, в пределах нормы — в 10,7% случаев. Таким образом, параметр смещения переходной зоны влево не является достоверным признаком БПВЛНПГ.

Данные по количественным параметрам ВКГ пациентов из контрольной и основной групп представлены в таблице 2.

При анализе данных, приведенных в таблице 2, достоверных различий параметров площади петли QRS в XYZ и длины максимального вектора между группой контроля и группой пациентов с БПВЛНПГ выявлено не было. Индекс планарности был в среднем достоверно ниже у пациентов с БПВЛНПГ, хотя большая часть пациентов имела значения PI как у пациентов контрольной группы.

Исследование пространственных параметров показало следующие результаты.

По направлению движения векторной петли ВКГ во ФП пациенты контрольной группы разделились следующим образом: в 37,9% случаев ВКГ петля была направлена по часовой стрелке, в 62,1% случаев — против часовой стрелки. В основной группе с БПВЛНПГ движение векторной петли во ФП было направлено против часовой стрелки у всех пациентов [5, 22].

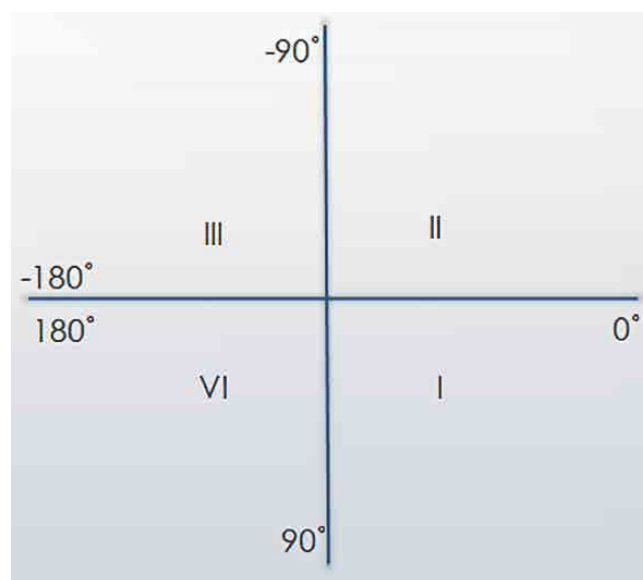


Рисунок 1. Расположение квадрантов

Таблица 1
Параметры ЭКГ контрольной и основной групп

Параметры	Контроль Абс. $M \pm \sigma$	Основная группа Абс. $M \pm \sigma$	p
Угол α QRS, градусы	от +13 до +94 63,4 $\pm$ 21,2	от -30 до -90 -48,1 $\pm$ 12,4	< 0,001
Ширина QRS, мс	от 82 до 104 90,7 $\pm$ 6,9	от 82 до 111 102 $\pm$ 6,3	< 0,001

Примечание: p — вероятность различий в группах, определенная с помощью непарного метода Стьюдента.

Таблица 2
Параметры ВКГ контрольной группы и основной группы

Параметры	Контроль Абс. $M \pm \sigma$	Основная группа Абс. $M \pm \sigma$	p
Площадь петли QRS в XYZ, мВ ²	от 0,44 до 3,8 2 $\pm$ 0,9	от 0,56 до 92 2,4 $\pm$ 1,5	0,295
Индекс планарности, %	от 92 до 100 97,8 $\pm$ 1,9	от 90 до 98 93,2 $\pm$ 3,8	< 0,001
Длина максимального вектора, мВ	от 1,2 до 2,93 1,8 $\pm$ 0,42	от 1 до 3 1,8 $\pm$ 0,5	0,5856

Примечание: p — вероятность различий в группах, определенная с помощью непарного метода Стьюдента.

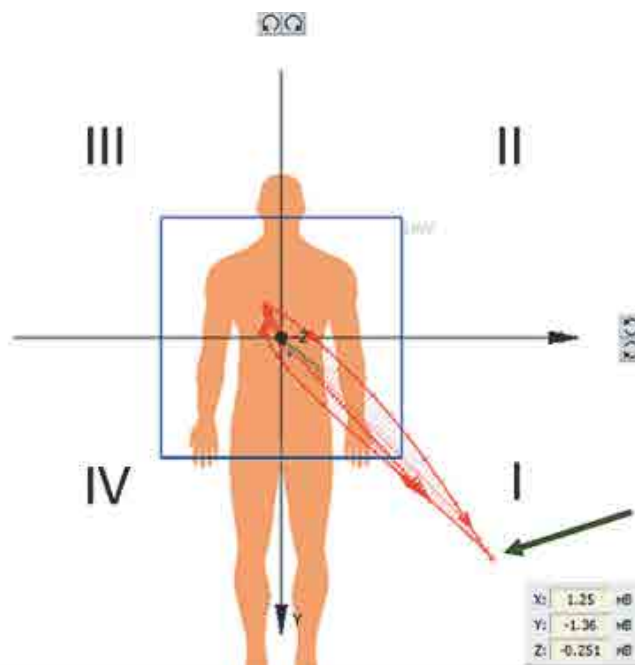


Рисунок 2. ВКГ здорового пациента во ФП. Векторная петля против часовой стрелки. Стрелкой показан один экстремум в I квадранте

Анализ формы ВКГ во ФП показал, что у пациентов группы контроля во всех случаях отображался только один максимальный вектор (экстремум), а в группе пациентов с БПВЛНПГ в 100% случаев были выявлены два экстремума, первый в средней части векторной петли, расположен в I или II квадрантах, второй в конечной ее части и расположен в III квадранте (рис. 2, 3).

По данным трехмерной ВКГ у пациентов с БПВЛНПГ было показано, что второй экстремум при БПВЛНПГ направлен вверх, вправо и назад, что соответствует расположению выходного отдела ЛЖ, который при этой блокаде возбуждается последним. Таким образом, данный признак является одним из самых достоверных критериев БПВЛНПГ, получаемых по данным ВКГ.

Проведен анализ скорости формирования пространственной векторной петли у лиц контрольной группы и пациентов с БПВЛНПГ. Показано, что у здоровых лиц график скорости имеет один пик, соответствующий вершине векторной петли (рис. 4), а у всех пациентов с БПВЛНПГ наблюдается несколько пиков: максимальный совпадает по времени с первым максимальным вектором (экстремумом), а пик в конечной ее части со вторым экстремумом. Причем, скорость в конечной части петли значительно, в 2–2,5 раза ниже, чем на максимальном пике (рис. 5). Это говорит о замедлении возбуждения в зоне выходного отдела ЛЖ за счет БПВЛНПГ. Таким образом, замедление формирования векторной петли в конечной ее части, совпадающей по времени со вторым экстремумом, является достоверным признаком БПВЛНПГ.

На основании полученных нами критериев дифференциальной диагностики и для демонстрации использования трехмерного ВКГ анализа в медицинской практике представляем два клинических случая диагностики

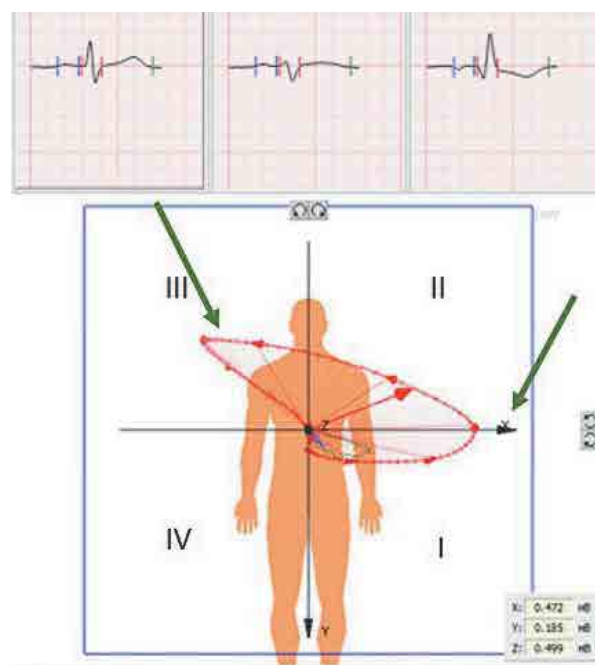


Рисунок 3. ВКГ пациента во ФП с БПВЛНПГ. Векторная петля против часовой стрелки. Стрелками показаны два экстремума, первый на оси x, между I и II квадрантом, второй в III квадранте

БПВЛНПГ у пациентов без перенесенного ИМ и с постинфарктным кардиосклерозом.

Клинический случай № 1. Пациент Д., 66 лет, мужчина.

Диагноз: Гипертоническая болезнь II стадии. Степень АГ 2. Целевое АД 130–139/70–79 мм рт. ст. Гиперлипидемия. Риск ССО 3 (высокий). Нарушение проводимости: БПВЛНПГ. ХСН 0. Ожирение I степени. Сахарный диабет 2 типа, компенсированный. Целевой уровень HbA1c < 7,0%.

Угол α QRS составил -48 градусов, $Pl = 95\%$. На рисунке 6 представлена ЭКГ данного пациента, а также ВКГ во фронтальной, горизонтальной и сагиттальной плоскостях. Во фронтальной плоскости направление движения вектора против часовой стрелки, и имеется два экстремума, второй направлен вверх, вправо и назад. На кривой скорости выделяются два пика, второй совпадает со вторым экстремумом и имеет скорость в 2 раза ниже первого. Данные ЭКГ и ВКГ показателей соответствуют БПВЛНПГ.

Клинический случай № 2.

Пациент П., 69 лет.

Диагноз: ИБС. Стабильная стенокардия напряжения II ФК. Кардиосклероз постинфарктный (ИМпST нижней локализации, 2018 г.). ЧКВ

Рисунок 4. Анализ скорости формирования векторной петли здорового пациента. А — график изменения длины вектора, Б — график скорости формирования вектора с одним пиком, совпадающим с максимальным вектором

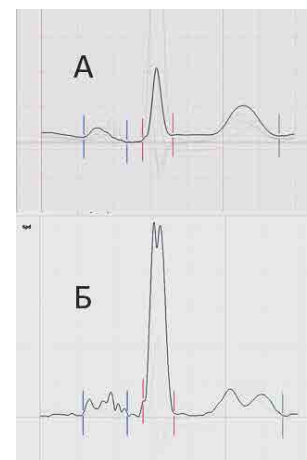




Рисунок 5. Анализ скорости формирования векторной петли пациента с БПВЛНПГ. А — график изменения длины вектора, Б — график скорости формирования вектора с двумя пиками, пик конечной части петли меньше максимального в 2,2 раза, что отражает замедление возбуждения в выходном отделе ЛЖ. Первый пик скорости совпадает по времени с первым максимальным вектором (экстремумом), второй — совпадает с вторым экстремумом ВКГ

характерному для БПВЛНПГ. Имеется два экстремума, второй направлен вверх, вправо и назад, что говорит о наличии у пациента БПВЛНПГ. Скоростные показатели

со стентированием ПКА (2018 г.). Нарушение проводимости: БПВЛНПГ. Гипертоническая болезнь 3 стадии, неконтролируемая. Целевой уровень АД 130–139/70–79 мм рт. ст. Риск ССО 4 (очень высокий). ХСНнФВ II А ст. II ФК. Умеренная легочная гипертензия.

Угол α QRS = -44 градусов, продолжительность комплекса QRS = 112 мс, PI = 67%. В результате сопутствующего инфаркта миокарда нижней стенки ЛЖ на ВКГ видно, что первый максимальный вектор деполяризации направлен вверх, во фронтальной и сагиттальной плоскостях имеются перекресты векторной петли QRS, за счет которых снижается индекс планарности. Далее движение петли QRS против часовой стрелки, что соответствует направлению

ли также подтверждают БПВЛНПГ — имеются три пика скорости, скорость в конечной части петли в 2 раза ниже максимальной, что говорит о замедлении возбуждения выходного отдела ЛЖ (рис. 7).

Таким образом, на основании только данных ЭКГ в 12 стандартных отведениях достоверно выявить наличие БПВЛНПГ у представленного пациента с перенесенным нижним инфарктом миокарда не представляется возможным. Но при использовании ВКГ критериев со скоростными показателями формирования векторной петли, мы получили убедительные данные наличия БПВЛНПГ у данного пациента. Благодаря тому, что проявления нижнего ИМ на ВКГ отражаются в начале петли QRS, а проявления БПВЛНПГ в конце петли QRS, выявление и дифференциальный диагноз данных патологий становятся значительно точнее.

Выводы

1. Определены критерии БПВЛНПГ по данным трехмерной ВКГ:

- формирование петли во фронтальной плоскости осуществляется против часовой стрелки;
- наличие двух экстремумов во фронтальной плоскости векторной петли, второй направлен вверх, вправо и назад;
- кривая скорости формирования пространственной векторной петли имеет несколько пиков, в конечной части векторной петли пик скорости совпадает по времени со вторым экстремумом и снижен относительно максимального пика в 2–2,5 раза, что отражает замедление возбуждения миокарда в выходном отделе левого желудочка.

Рисунок 6. ЭКГ и трехмерная ВКГ пациента с БПВЛНПГ

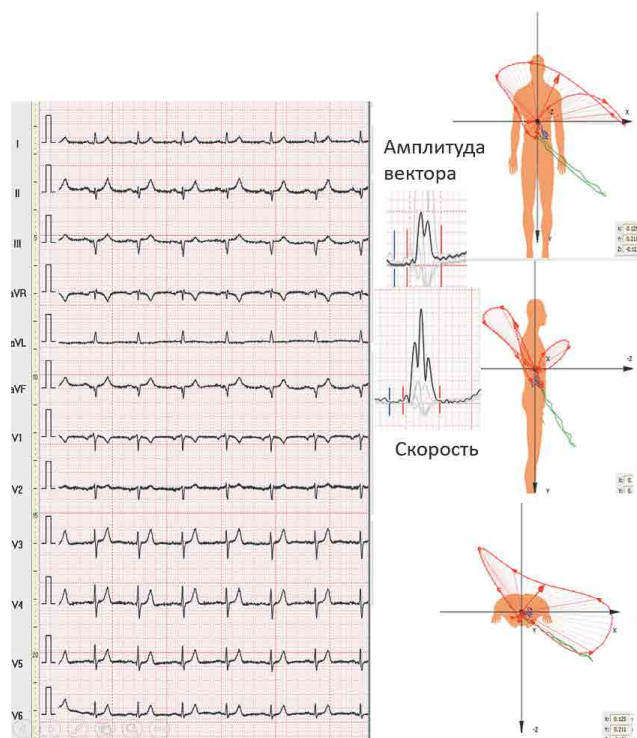
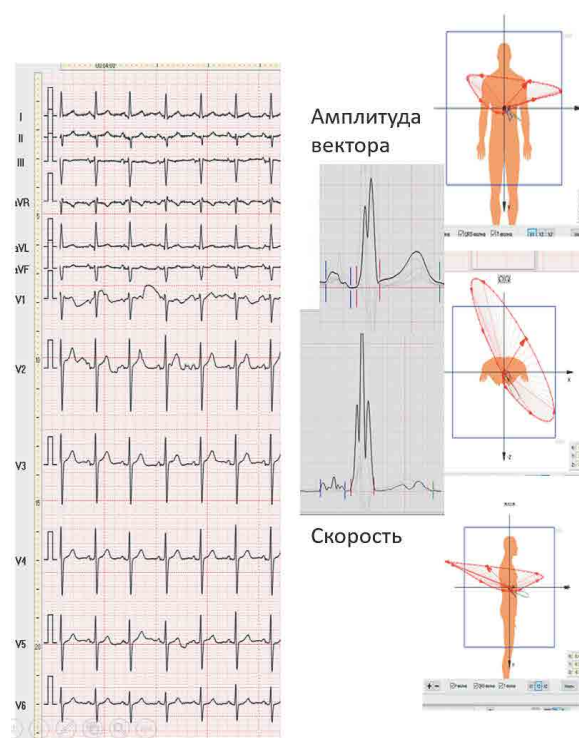


Рисунок 7. ЭКГ и ВКГ у пациента с БПВЛНПГ и ПИКС нижней стенки



2. Достоверность диагностики БПВЛНПГ по данным трехмерной ВКГ выше, чем при стандартной ЭКГ в 12 отведениях.

Список литературы / References

- Tawara S. Das Reizleitungssystem des Säugetierherzens [The conduction system of mammalian hearts; an anatomic-histologic study of the atrioventricular bundle and the Purkinje fibers]. Jena: Gustav Fischer; 1906.
- Rossi L. Histopathology of the conducting system. *G Ital Cardiol*. 1972;2(4):484–91. PMID: 5050985.
- Uhley H. N. The quadrifascicular nature of the peripheral conduction system. — In Dreifus L. S., and Liboff W. (eds). *Cardiac Arrhythmias*. — New York: Grune & Stratton, 1973, p. 339
- Орлов В. Н. Руководство по электрокардиографии — 9-е изд., испр. — Москва: ООО «Медицинское информационное агентство», 2017. 560 с.
- А. Б. де Луна. Руководство по клинической ЭКГ. Москва «Медицина», 1993. 704 с.
- Мандел В. Дж., Аритмии сердца: механизмы, диагностика, лечение. Москва, «Медицина», 1996. 412 с.
- Biering-Sørensen T, Kabir M, Waks JW, Thomas J, Post WS, Soliman EZ, Buxton AE, Shah AM, Solomon SD, Tereshchenko LG. Global ECG Measures and Cardiac Structure and Function: The ARIC Study (Atherosclerosis Risk in Communities). *Circ Arrhythm Electrophysiol*. 2018 Mar;11(3): e005961. doi: 10.1161/CIRCEP.117.005961. PMID: 29496680; PMCID: PMC5836803.
- Ding S, Chai K, Li Y, Fang F, Yang J, Wang H. Prognostic significance of left anterior fascicular block and its relation with coronary artery disease in old patients based on 570 autopsy cases. *Int J Cardiol*. 2018 Oct 15;269:1–6. doi: 10.1016/j.ijcard.2018.06.069. Epub 2018 Jun 20. PMID: 30224030.
- Schneider JF, Thomas HE Jr, Kreger BE, McNamara PM, Kannel WB. Newly acquired left bundle-branch block: the Framingham study. *Ann Intern Med*. 1979 Mar;90(3):303–10. doi: 10.7326/0003-4819-90-3-303. PMID: 154870.
- Tereshchenko, L. G. (2018). Left anterior fascicular block: The need for a re-appraisal. *International Journal of Cardiology*, 269, 31–32. <https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2018.07.079>.
- Bayes de Luna A., Cosin J., Carrio J., Choro de Aguiar A. J. et al. Right

- Ventricular peripheral blocks: Diagnostic problems. — In: *Cardiac electrophysiology today*/Eds. A. Masoni, P. Alboni. — London, New York: Academic Press, 1982, 401.
- Tzogiias L, Steinberg LA, Williams AJ, Morris KE, Mahlow WJ, Fogel RI, Olson JA, Prystowsky EN, Padanilam BJ. Electrocardiographic features and prevalence of bilateral bundle-branch delay. *Circ Arrhythm Electrophysiol*. 2014 Aug;7(4):640–4. doi: 10.1161/CIRCEP.113.000999. Epub 2014 Jul 11. PMID: 25015953.
- Wilson FN, Macleod AG, Barker PS. The interpretation of the initial deflection of ventricular complex of the electrocardiogram. *Am Heart J* 1931;6:637–664.
- Grant RP. Left axis deviation; an electrocardiographic-pathologic correlation study. *Circulation*. 1956 Aug;14(2):233–49. doi: 10.1161/01.cir.14.2.233. PMID: 13356476
- Rosenbaum MB, Elizari MV, Lazzari JO, Nau GJ, Levi RJ, Halpern MS. Intraventricular trifascicular blocks. The syndrome of right bundle branch block with intermittent left anterior and posterior hemiblock. *Am Heart J*. 1969 Sep;78(3):306–17. doi: 10.1016/0002-8703(69)90038-6. PMID: 5805980.
- Мурашко В. В., Струтинский А. В. Электрокардиография: Учебное пособие. — 4-е изд. — Москва: «МЕДпресс», 2000. 312 с. ил.
- The Hemiblocks. New concepts of intraventricular conduction based on human anatomical, physiological and clinical studies Rosenbaum MB, Elizari MV, Lazzari JO. Tampa Tracings, Oldsmar, Florida, EEUU, 1970.
- Остапчук Ф. Е., Кечкер М. Я., Паршукова В. Н. Электрокардиограмма при неполных блокадах левых ветвей пучка Гиса у больных ИБС. — В кн.: Тез. докл. II Всероссийск. съезда кардиологов. Саратов, 1977:76–77.
- Cerqueira M., Abreu Lima C., Rocha F. Recent ECG-VCG concepts in ventricular hypertrophy. — Amsterdam: Proceedings VIII World Congress Cardiology, Excerpta Medica, 1978.
- Sobrinho JA, Sotillo JF, del Rio A, Sobrinho N, Maté I. Fascicular block within the His bundle. *Chest*. 1978 Aug;74(2):215–8. doi: 10.1378/chest.74.2.215. PMID: 679756.
- McAnulty J. H. Bundle branch block. J. H. McAnulty, Sh. H. Rahimtoola. *Progr. Cardiovasc. Dis*. 1983;26(4):333–353.
- Хайт Г. Я. Основы диагностики клинической электрокардиологии. — Москва: «АНМИ», 2003. 329 с.
- Титов Л. И., Руткай –Недешкий И. Анализ ортогональной электрокардиограммы. М.: Наука, 1990. 198 с.
- Sedaghat G, Ghafoori E, Waks JW, Kabir MM, Shvilkin A, Josephson ME, Tereshchenko LG. Quantitative Assessment of Vectorcardiographic Loop Morphology. *J Electrocardiol*. 2016 Mar-Apr;49(2):154–63.

Сведения об авторах

Терегулов Юрий Эмильевич — д.м.н., доцент, заведующий кафедрой функциональной диагностики^{1,2,4}

Ацель Евгения Александровна — д.м.н., доцент, профессор кафедры терапии, гериатрии и семейной медицины¹

Ганиева Сюмбель Фиркатовна — ассистент кафедры функциональной диагностики¹

Терегулова Елена Теодоровна — к.м.н., доцент кафедры функциональной диагностики¹

Максимова Мария Сергеевна — к.м.н., доцент кафедры функциональной диагностики¹

Терегулов Андрей Юрьевич — к.м.н., доцент кафедры хирургических болезней постдипломного образования института фундаментальной медицины и биологии^{3,4}

Камалетдинова Зильфия Алмазовна — ординатор Научно-клинического и образовательного центра по специальности «Лучевая диагностика и ядерная медицина»⁵

¹ Казанская государственная медицинская академия — филиал ФГБОУ ДПО РМАНПО Минздрава России, г. Казань

² ФГБОУ ВО «Казанский государственный медицинский университет» Минздрава России, г. Казань

³ ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», Россия, РТ, г. Казань

⁴ Государственное автономное учреждение здравоохранения «Республиканская клиническая больница» Министерства здравоохранения Республики Татарстан, г. Казань

⁵ Научно-клинический и образовательный центр по специальности «Лучевая диагностика и ядерная медицина» ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет», г. Санкт-Петербург

Автор для переписки: Терегулов Юрий Эмильевич

E-mail: tereg2@mail.ru

About authors

Teregulov Yu. E., Head of the Department of Functional Diagnostics^{1,4}, Assistant Professor of the Department of hospital therapy², MD

Atsel E. A., Professor of the Department of internal medicine, geriatrics and family medicine¹, MD

Ganieva S. F., Assistant Lecturer of the Department of Functional Diagnostics¹

Teregulova E. T., Assistant Professor of the Department of Functional Diagnostics¹, PhD

Maksimova M. S., Assistant Professor of the Department of Functional Diagnostics¹, PhD

Teregulov A. Yu., Assistant Professor, Department of Surgical Diseases of Postgraduate Education⁴, PhD

Kamaletdinova Z. A., Resident of the Scientific, Clinical and Educational Center, specialty «Radiology and Nuclear Medicine»⁵

¹ KSMa-Branch Campus of the FSBEI FPE RMACPE MOH Russia, Kazan, Russian Federation

² FSBEI HE Kazan SMU MOH Russia, Kazan, Russian Federation

³ Republican Clinical Hospital Ministry of health Republic of Tatarstan, Kazan, Russian Federation

⁴ Kazan Federal University, Kazan, Russian Federation

⁵ Scientific, Clinical and Educational Center for Radiation Diagnostics and Nuclear Medicine FSBEI HE St. Petersburg State University, St. Petersburg

Corresponding author: Teregulov Yu. E.

E-mail: tereg2@mail.ru

Статья поступила / Received 07.04.2023
Получена после рецензирования / Revised 17.04.2023
Принята в печать / Accepted 27.04.2023

Для цитирования: Терегулов Ю. Э., Ацель Е. А., Ганиева С. Ф., Терегулова Е. Т., Максимова М. С., Терегулов А. Ю., Камалетдинова З. А. Трехмерный векторный анализ ЭКГ в диагностике блокады передневерхней ветви левой ножки пучка Гиса. Медицинский алфавит. 2023;(15):28–34. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2023-15-28-34>

For citation: Teregulov Yu. E., Atsel E. A., Ganieva S. F., Teregulova E. T., Maksimova M. S., Teregulov A. Yu., Kamaletdinova Z. A. Three-dimensional vector ECG analysis in the diagnosis of the left anterior fascicular block. *Medical alphabet*. 2023;(15):28–34. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2023-15-28-34>



Метод динамической одномоментной доплерографии коронарного и церебрального кровотока с анализом эффективности пантовой бальнеологической терапии у пациентов с артериальной гипертонией

В. А. Авхименко¹, А. Б. Тривоженко^{1,2}, О. В. Гребенюк³

¹ ФГБУ Сибирский Федеральный научно-клинический центр ФМБА России

² Академия последипломного образования ФГБУ ФНКЦ ФМБА России

³ ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный медицинский университет» МЗ России

РЕЗЮМЕ

Интеграция высокочувствительных доплеровских методов оценки коронарного и церебрального кровообращения в процесс функционально-диагностического аудита результатов восстановительного лечения пациентов с артериальной гипертонией позволяет оценить позитивные тенденции в нормализации процессов ауторегуляции региональной перфузии жизненно важных органов.

Применение обозначенных технологий продемонстрировало достоверное снижение пиковой скорости кровотока в средней мозговой артерии без увеличения сосудистой резистентности у лиц, прошедших курсовую бальнеотерапию инновационными продуктами пантового оленеводства. Пиковая скорость кровотока в средней мозговой артерии до обозначенного лечения была в пределах 92–115 см/с (Ме 105 [96,3–104,5]), после терапевтических процедур регистрировалась с размахом 78–98 см/с (Ме 90 [82,4–94,3]). Обозначенный феномен указывал на улучшение региональной церебральной оксигенации и закономерное уменьшение объема мозговой перфузии. Вместе с тем, параметры доплерометрии в коронарных артериях у пациентов прошедших анализируемый курс восстановительного лечения трансформировались минимально, без достоверных различий.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: сосудистая доплерометрия, средняя мозговая артерия, передняя нисходящая артерия, пантовая бальнеотерапия.

Method of dynamic one-stage Dopplerography of coronary and cerebral blood flow with analysis of efficiency of antler balneotherapy in patients with arterial hypertension

V. A. Avkhimenko¹, A. B. Trivozhenko^{1,2}, O. V. Grebenyuk³

¹ Siberian Federal Research and Clinical Center of FMBA of Russia

² Academy of Postgraduate Education FGBU FNKTs FMBA of Russia

³ Siberian State Medical University of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation

SUMMARY

Integration of highly sensitive Doppler methods of assessment of coronary and cerebral blood circulation into process of functional and diagnostic audit of results of recovery treatment of patients with an arterial hypertension allows to estimate positive tendencies at normalization of processes regional perfusion. Use of the designated technologies showed reliable decrease in peak velocity in middle cerebra artery without increase in vascular resistance at the persons which passed a therapeutic course of antler reindeer breeding.

Peak velocity in an middle cerebra artery before the designated treatment was within 92–115 cm/s (Me 105 [96,3–104,5]), after the therapeutic procedures was registered in a big way 78–98 cm/s (Me 90 [82,4–94,3]). The designated phenomenon indicated improvement of regional cerebral oxygenation and natural reduction of volume of brain perfusion. At the same time, Doppler parameters in coronary arteries at the patients who completed the analyzed course of recovery treatment were transformed minimum, without reliable distinctions that presumably.

KEY WORDS: vascular dopplerometriya, average brain artery, descending coronary artery, antler balneotherapy.

ВВЕДЕНИЕ

Современное развитие ультразвуковой медицинской техники для проведения функциональной диагностики сердечно сосудистых заболеваний позволяет осуществлять визуально контролируемое доплеровские исследования в сосудах малого диаметра, в том числе и при оценке кровообращения жизненно важных органов. По данным мета-анализа публикаций последних лет, частота успешных исследований проксимальных сегментов магистральных коронарных артерий и сосудов основания головного мозга при использовании аппаратов экспертного уровня превышает 80% [1–3].

Возможность точного измерения показателей кровотока позволяет рекомендовать доплерометрию в перед-

ней нисходящей коронарной артерии (ПНА) в качестве надежного и тонкого инструмента оценки коронарного кровообращения и коронарного резерва [3].

Аналогичным средством анализа церебральной гемодинамики представляется дефиниция линейных параметров перфузии в одной из средних мозговых артерий виллизиевого круга (СМА) [4, 10, 11].

Обозначенные моноvasкулярные методики могут быть применимы для оценки эффективностью терапевтических мероприятий за счет высокой воспроизводимости в процессе многократных динамических измерений.

Широкое внедрение технологий восстановительной медицины и медицинской реабилитации в общий процесс лечения пациентов с артериальной гипертонией (АГ),

позволяют достигать убедительных успехов в комплексной регуляции уровня АД. Разработанная новая методика бальнеологических процедур с использованием инновационных продуктов пантового оленеводства продемонстрировала свою адаптогенную эффективность и нуждается в дополнительной оценке возможностей влияния на состояние церебрального и коронарного кровообращения.

Цель исследования

Интегрировать динамическую доплерометрию кровотока в передней нисходящей коронарной артерии и средней мозговой артерии в процесс оценки эффективности бальнеотерапии продуктами пантового оленеводства в комплексном лечении АГ.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В Сибирском федеральном медицинском центре ФМБА России было обследовано 42 пациента, 21 мужчину и 21 женщину в возрасте от 44 до 68 лет (средний возраст $55,6 \pm 6,7$ лет) с АГ II степени по классификации ВОЗ/МОГ (ACC/ANA-2017 Hypertension Guidelines) [5], характеристика обследуемых лиц представлена в таб. 1.

Все пациенты получали базовую терапию антагонистами кальция, бета — блокаторами, ингибиторами АПФ, тиазидовыми диуретиками в различных комбинациях [6].

В соответствии с отраслевым стандартом оказания медицинской помощи пациентам с АГ, утверждённым МЗ РФ, каждому пациенту было проведено базовое клинико-лабораторное и инструментальное обследование.

Стандартная эхокардиография (ЭхоКГ), включала расчёт индекса массы миокарда и визуализацию эквивалентов системного атеросклероза в виде кальцинирования оснований створок аортального и митрального клапанов. Расчет массы миокарда производился по формуле, принятой «Пенсильванской конвенцией», интегрированной в пакет кардиологических измерений, при этом толщина сердечной мышцы измерялась в двумерном режиме из парастерального доступа по короткой оси.

Дополнительно, всем пациентам осуществлялось исследование кровотока в ПНА, в процессе которой, после нахождения проксимального сегмента данной магистральной в режиме цветового доплеровского картирования, про-

водилась спектральная доплерометрия с корректировкой угла инсонации (рис. 1). Регистрировались и анализировались пиковая скорость диастолического потока (V_{ps} -ПНА), а также в режиме ручной трассировки измерялся общий интеграл коронарного кровотока (VTI -ПНА) [2, 3].

Кроме этого, каждому пациенту была выполнена доплерометрия кровотока в левой или правой СМА (в зависимости от наилучшей визуализации). Для этого, из трансстернального доступа в режиме цветового доплеровского картирования осуществлялся поиск анализируемой магистрали, после оценки пространственной сосудистой ориентации, в режиме импульсволнового доплера регистрировался спектр кровотока в сегменте M1 (рис. 2). Далее проводилось измерение, анализ и интерпретация линейной скорости потока (V_{ps} -СМА), а также индекса периферического сосудистого сопротивления (RI -СМА) [4].

Все исследования проводились в первой половине дня, одним экспертом с 25-летним опытом работы, используя аппарат GE VIVID E9. Применялся мультисекторный электронно-фазированный датчик с уменьшением частоты излучателя для наилучшего преодоления костно-мышечных структур височной кости (в случае визуализации СМА) и грудной клетке (в случае визуализации ПНА).

Рисунок 1. Кровоток в передней нисходящей коронарной артерии, дуплексный режим, цветовое картирование сосуда и спектр кровотока, V_{ps} -ПНА = 38 см/с

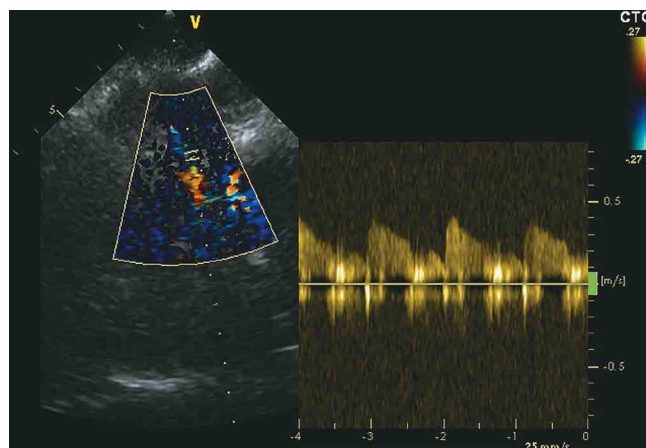


Рисунок 2. Кровоток в средней мозговой артерии дуплексный режим, цветовое картирование сосуда и спектр кровотока, V_{ps} -СМА = 90 см/с

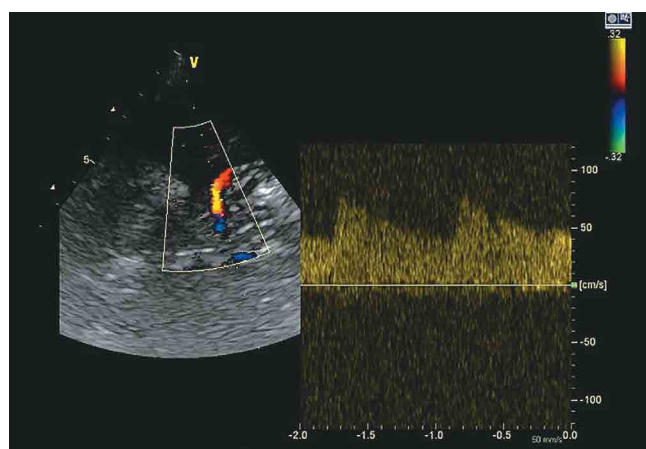


Таблица 1
Характеристика обследуемых лиц
Демографическая и клинико-анамнестическая характеристика пациентов

Особенности	Значение	%
Средний возраст	$55,6 \pm 6,7$	
Женский пол	21	50
Ожирение I-II степени	22	52
Дислипидемия	16	38
Периодические головные боли	33	68
Одышка при физической нагрузке	8	19
Любые неспецифические изменения ST-T на ЭКГ	18	34
Редкая желудочковая и/или предсердная экстрасистолия	6	17
Ультразвуковые признаки атеросклероза сонных артерий	15	35

Из общей когорты пациентов, 22 человека (9 мужчин и 13 женщин) были направлены в НИИ Курортологии и физиотерапии Томска для проведения бальнеотерапии инновационными продуктами пантового оленеводства с применением водного электроимпульсного экстракта пантов (ЭИ). Для этого подготовленные измельченные панты марала экстрагировались электродинамическим методом на установке электроимпульсной экстракции, при этом на одну ванну использовалось 200 г пантов алтайского марала [7].

Данные пациенты были включены в научное исследование по государственному заданию ФМБА России: «Клинико-экспериментальное обоснование комплексного применения лечебных физических факторов, продуктов пантового оленеводства и пробиотических продуктов в оздоровлении лиц с факторами риска и компонентами метаболического синдрома». Обозначенное лечение было одобрено заседанием локального этического комитета ФГБУ СибФНКЦ ФМБА России, протокол № 34 от 06.02.2020 г.

Выбранные пациенты, прошедшие двухнедельный курс восстановительного лечения, составили основную группу, а остальные 20 человек (12 мужчин и 8 женщин), которые получавшие лишь базовое медикаментозное лечение, составили группу контроля, без применения бальнеологической плацебо — терапии.

В исследование не включались пациенты с ишемической болезнью сердца (ИБС), хронической сердечной недостаточностью (ХСН), пароксизмальными нарушениями сердечного ритма (НРС), церебро-васкулярной болезнью (ЦВБ), гемодинамически значимыми атеросклеротическими стенозами ветвей аорты. Кроме этого, в обследуемую когорту не вошли больные сахарным диабетом, ожирением III степени, системными ангиопатиями, а также заболевшие с высоким риском осложнений АГ по современным критериям его стратификации [5, 6].

Статистический анализ проводился с использованием стандартных компьютерных программ. Учитывая малое количество переменных в выборках, анализ их распределения не проводился, а данные представлялись в виде медианы с указанием межквартильного диапазона (Ме [Q1–Q3]), где Q1 — первая квартиль, Q3 — третья квартиль. Для определения различий между выборками использовался непараметрический U-критерий Манна-Уитни, «нулевые гипотезы» отклонялись при коэффициенте достоверности Фишера p менее 0,05.

РЕЗУЛЬТАТЫ

По итогам проведенной ЭхоКГ, отношение массы миокарда, измеренной в соответствии с международными рекомендациями [12], к площади поверхности тела в обследуемой когорте пациентов составило 70–135 г/м² (Ме 104,2 [85–115]). При этом у 19 (45%) человек, 7 женщин и 11 мужчин, данный показатель оказался на уровне 105–135 г/м² (105–120 — у женщин и 115–135 — у мужчин), обозначив гипертрофию ЛЖ. Переднезадний диаметр левого предсердия находился в диапазоне 32–50 мм (Ме 40 [38–45]), у 22 человек определялась несущественная дилатация измеряемой камеры в рамках умеренного гипертонического ремоделирования левых отделов сердца.

Интегральная систолическая функция ЛЖ, вычисленная фундаментальным методом с расчетом фракции выброса (ФВ), у всех пациентов данной совокупности оказалась удовлетворительной, измерялась с размахом 58–74% (Ме 68 [62–70]). Давление заклинивания просматривалось в диапазоне 8–16 мм.рт.ст. (Ме 11,8 [6,3–14,5]), исключая застойную легочную гипертензию. Нарушение диастолической функции в виде пролонгированной релаксации с напряженной систолой левого предсердия регистрировалось у 26 (62%) пациентов. Кроме этого, у 15 (35%) лиц определялась минимальная митральная регургитация, обусловленная функциональным нарушением герметичности клапана, а у 10 (23%) человек были обнаружены фиброзные изменения и кальцинаты в основаниях створок аортального клапана.

В процессе проведения исходной коронародопплерографии, которая технологически оказалась возможной у 20 (90%) пациентов первой и 18 (90%) пациентов второй группы, были зафиксированы следующие параметры: Vps-ПНА основной группы находилась в пределах 28–45 см/с (Ме 35,5 [25–42]), а VTI-ПНА в диапазоне 10–15 см (среднее 12,1±1,6). Аналогичные показатели контрольной группы были в пределах 30–44 см/с (Ме 38 [26–43]) и в диапазоне 10–15 (Ме 12,2 [8,2–12,4]) соответственно. При проведении непараметрического анализа Манна-Уитни, достоверных межгрупповых различий обозначенных показателей коронарного кровотока не отмечалось ($p=0,19$ и $p=0,27$, соответственно).

После проведенного курса бальнеотерапии инновационными продуктами пантового оленеводства с применением водного электроимпульсного экстракта пантов, параметры доплерометрии в коронарных артериях у пациентов основной группы трансформировались минимально, Vps-ПНА оказалась в пределах 27–45 см/с (Ме 38,5 [25,3–41,2]), VTI-ПНА находилась в диапазоне 10–17 см (Ме 12,9 [1,4–15,2]). Лечебные процедуры лишь несущественно увеличили Vps-ПНА ($p=0,058$) и VTI-ПНА ($p=0,062$). В контрольной группе данные параметры вообще не изменились ($p=0,106$ и $p=0,112$ соответственно). Очевидно, обозначенная бальнеотерапия существенно не отразилась на кровоснабжении сердечной мышцы.

Удачные исследования кровотока в СМА были реализованы во всех наблюдениях, выполнимость метода составила 100%, исходные значения Vps-СМА у пациентов основной группы были в пределах 92–115 см/с (Ме 105 [96,3–104,5]), у пациентов второй группы — в диапазоне 92–112 см/с (Ме 102 [95–103,5]) и достоверно не различались ($p=0,38$).

После курсового физиотерапевтического лечения анализируемым пантовым методом, Vps-СМА у пациентов основной группы достоверно снизилась, что указывало на улучшение региональной церебральной оксигенации и закономерное уменьшение объема мозговой перфузии (рис. 3). Нормализация потребления состоялась вследствие ауторегуляции кровотока и скоростной показатель уже измерялся с размахом 78–98 см/с (Ме 90 [82,4–94,3]), отличаясь от исходных параметров с уровнем значимости $p<0,001$. У пациентов контрольной группы при повторных

измерениях Vps-CMA не трансформировалась, находясь в диапазоне 94–105 см/с (Me 100 [93,2–102,5]; $p=0,17$), что характеризовало стабильность церебральной гемодинамики.

Эквивалентная закономерность наблюдалась в состоянии сосудистой резистентности. Исходно RI-CMA у пациентов первой группы измерялся в диапазоне 0,55–0,66 (Me 0,62 [0,53–0,62]), у обследуемых лиц второй группы данный показатель сосудистого сопротивления достоверно не отличался и был в пределах 0,55–0,68 (Me 0,6 [0,51–0,61]).

После терапевтического воздействия продуктами пантового оленеводства RI-CMA основной группы снизился за счет сосудистой релаксации и находился в диапазоне 0,47–0,53 (Me 0,5 [0,46–0,51]), при этом определялось его достоверное отличие от исходных значений ($p=0,04$). У пациентов контрольной группы данный параметр при повторном измерении не снижался и просматривался с размахом 0,55–0,64 (Me 0,6 [0,53–0,63]).

Визуальные отличия были очевидными, спектр кровотока в СМА после курсового терапевтического воздействия пантами алтайского марала трансформировался с уменьшением скорости без существенного изменения диастолического компонента (рис. 4).

ОБСУЖДЕНИЕ

Передняя нисходящая коронарная артерия и средняя мозговая артерия представляют собой наиболее крупные магистрали соответствующего регионального кровоснабжения, русла которых максимально полнокровны и содержат многочисленные ответвления. Таким образом, их можно рассматривать в качестве знаковых сосудистых сегментов, отражающих общее гемодинамическое состояние коронарной и церебральной перфузии. В проведенном исследовании частота успешных визуализаций, дополненных измерениями доплеровских параметров, согласуется с литературными данными [2, 3, 10, 11]. Учитывая чрезвычайную значимость для пациентов с артериальной гипертензией кровоснабжения головного мозга и сердеч-

ной мышцы, которые позиционируются в качестве органов — мишеней при развитии возможных осложнений обозначенного заболевания, динамическое наблюдение за их гемодинамическим состоянием в процессе диспансеризации, представляется весьма актуальной задачей.

Бальнеотерапия продуктами пантового оленеводства имеет давнюю историю и на практике в нашей стране осуществляется с 1988 года с использованием нативной пантоварочной воды (патент RU 2 106 850, 1988 г.), применение которой ограничивается высокой стоимостью пантового сырья и сложностью приготовления средства.

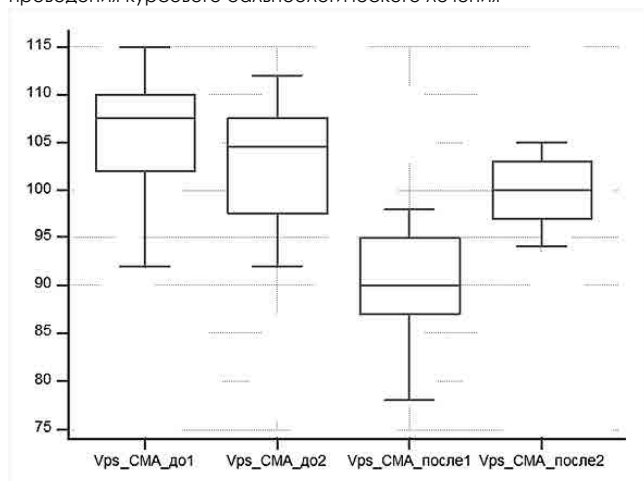
В настоящее время, Томскими учеными разработано альтернативное инновационное получение биологически активных веществ из пантов Алтайского марала электродинамическим методом на установке электроимпульсной экстракции, что обеспечивает извлечение активных компонентов из животного материала путем избирательного растворения в экстрагенте (воде) без нагревания с полным сохранением их биологической активности.

Проведенные ранее НИР убедительно продемонстрировали позитивный адаптогенный эффект у спортсменов высокого уровня и пациентов с АГ, но в данных публикациях оценка результатов базировалась на физикальных, субъективных анамнестических или лабораторных данных, что представляется недостаточным и требует применения дополнительных методов функционально-диагностического контроля, которые были апробированы в настоящем исследовании [7].

Нормализацию параметров церебрального кровотока по данным доплерометрии в СМА, можно рассматривать в качестве объективного подтверждения позитивного гемодинамического эффекта от пантовой бальнеотерапии. Снижение объема церебральной перфузии косвенно указывало на адаптационное улучшение мозгового метаболизма. Хорошо известно, что региональная ауторегуляция мозгового кровотока реализует принцип «demand», то есть по необходимой потребности, при этом в условиях гипоксии кровотоков увеличивается, а при нормальной оксигенации — снижается [4]. Восстановление процессов тканевого дыхания головного мозга у пациентов с АГ за счет улучшения реологических свойств крови, улучшения микроциркуляции и снижения общего сопротивления периферического артериального русла, закономерно приводит к снижению объема крови, необходимого для поддержания нормального церебрального метаболизма. Исследование продемонстрировало оптимизацию церебральной перфузии у пациентов, прошедших дополнительное физиотерапевтическое лечение в комплексе с базисной медикаментозной терапией. Различия между группами в пиковой скорости кровотока и сосудистой резистентности, подтвердили целесообразность применения пантовой бальнеотерапии в комплексном лечении гипертонической болезни.

Вместе с тем, отсутствие достоверных различий в показателях доплерометрии по данным исследования ПНА, предположительно, исключает действие продуктов пантового оленеводства на коронарное кровообращение, по крайней мере, данной совокупности пациентов.

Рисунок 3. Значения пиковой скорости кровотока в средней мозговой артерии (Vps-CMA, см/с) в группах пациентов (1, 2) «до» и «после» проведения курсового бальнеологического лечения



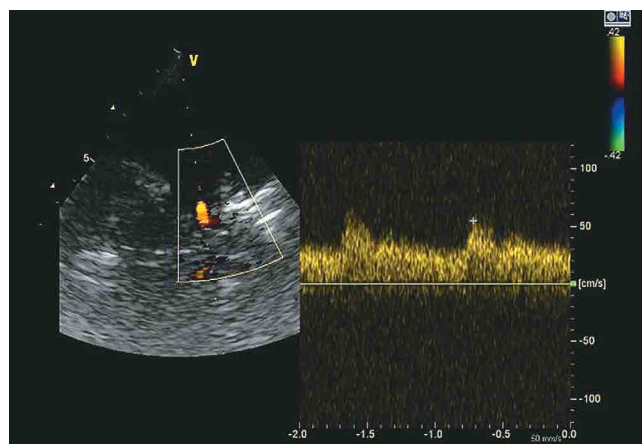
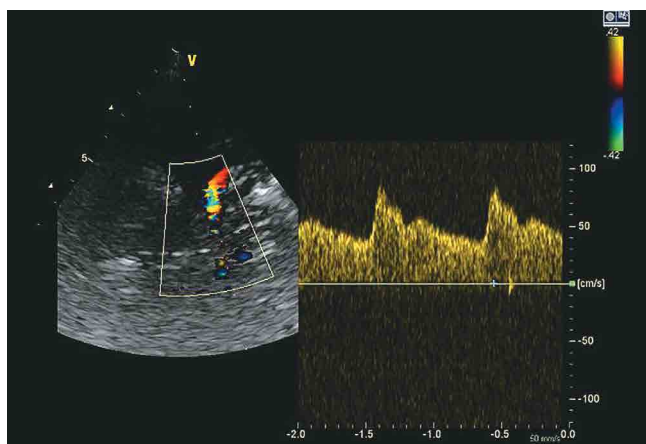


Рисунок 4. Пример изменения спектра кровотока в СМА до (слева, $V_{ps}=85\text{см/с}$, $RI=0,65$) и после (справа $V_{ps}=62\text{см/с}$, $RI=0,52$) патовой бальнеотерапии

Учитывая противоречивость результатов настоящего исследования литературным сведениям, данная гипотеза требует дальнейшего изучения [4].

Выводы

1. Метод измерения кровотока в средней мозговой артерии характеризуют динамическое состояние регионарного церебрального кровообращения и может быть рекомендован для оценки эффективности восстановительного лечения.
2. Курсовая бальнеотерапия инновационными продуктами пантового оленеводства позитивно влияет на состояние кровотока в средней мозговой артерии, оптимизируя церебральную перфузию за счет восстановления процессов ауторегуляции у пациентов с артериальной гипертензией.

Список литературы / References

1. Агарков М. В., Воробьевский Д. А., Осадчий А. М. и др. Трансторакальное ультразвуковое доплеровское исследование передней межжелудочковой артерии как альтернатива определения мгновенного безволнового соотношения при чрескожном коронарном вмешательстве у пациентки пожилого возраста // Трансляционная медицина. 2018. № 5. С. 53–59.
2. Бощенко А. А., Врублевский А. В., Карпов Р. С. Динамическое трансторакальное ультразвуковое исследование резерва коронарного кровотока при оценке эффективности чрескожных вмешательств

в передней нисходящей и правой коронарных артериях. Кардиология. 2016. № 5. С. 18–25.

3. Загatina А. В., Журавская Н. Т. Возможность неинвазивной оценки коронарного кровотока в передней межжелудочковой артерии во время стресс-эхокардиографии с физической нагрузкой // Ультразвуковая и функциональная диагностика. 2016. № 1. С. 70–77.
4. Куликов В. П. Основы ультразвукового исследования сосудов / В. П. Куликов. — Москва: Издательский дом Видар М, 2015. — 392 с. ил.
5. Оганов Р. Г., Арабидзе Г. Г., Кошельская О. А. и др. Новая классификация АГ согласно клиническим рекомендациям 2017 АСС/АНА: мнения российских экспертов // Международный журнал сердца и сосудистых заболеваний. 2018. № 6 (17). С. 51–55.
6. Рипп Т. М., Мордовин В. Ф. Рекомендации Европейского общества кардиологов и Европейского общества артериальной гипертензии 2018 года о новых методах лечения гипертензий — "DEVICE-BASED TREATMENT". Артериальная гипертензия. 2018. № 24(6). С. 623–627.
7. Смирнова И. Н., Тонкошкурова А. В., Антипова И. И., Левицкая Т. Е. Эффективность наружного применения электроимпульсного экстракта пантов марала у пациентов с артериальной гипертензией // Современные вопросы биомедицины. — 2021. — Т5(4). С. 48–63.
8. Чазова И. Е., Чихладзе Н. М., Блинова Н. В. и др. Евразийские клинические рекомендации по диагностике и лечению вторичных (симптоматических) форм артериальной гипертензии (2022) // Евразийский Кардиологический Журнал. 2023. № 1. С. 6–65.
9. Щуров В. А. Скорость кровотока по средним мозговым артериям и работоспособность человека // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. — 2016. — № 5 (часть 2) — С. 255–258.
10. Bertuetti R., Griffi P., Pelosi P. 3, Robba C. How to use cerebral ultrasound in the ICU // Minerva Anestesiologica. 2020. V86 (3). P. 327–340.
11. D'Andrea A., Fabiani D., Cante L. et al. Transcranial Doppler ultrasound: Clinical applications from neurological to cardiological setting // J Clin Ultrasound. 2022. V.50(8). P. 1212–1223.
12. Lang R. M. et al. Recommendations for Cardiac Chamber Quantification by Echocardiography in Adults: An Update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging // European Heart Journal — Cardiovascular Imaging. 2015. V. 16. P. 233–271

Информация об авторах

Авхименко Виктор Александрович, к.м.н., генеральный директор¹, ORCID 0000-0002-2178-601X

Тривоженко Александр Борисович, д.м.н., Заведующий отделением функциональной диагностики¹, Профессор кафедры клинической физиологии и функциональной диагностики², ORCID 0000-0001-6449-9523

Гребенюк Олег Валерьевич, к.м.н., Доцент кафедры неврологии и нейрохирургии³, ORCID 0000-0002-4740-0162

¹ ФГБУ Сибирский Федеральный научно-клинический центр ФМБА России

² Академия последипломного образования ФГБУ ФНКЦ ФМБА России

³ ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный медицинский университет» МЗ РФ

Автор для переписки: Тривоженко Александр Борисович

E-mail: borissh@yandex.ru

Author information

Victor A. Avkhimenko, M.D., Candidate of Medical Sciences, General Director¹, ORCID 0000-0002-2178-601X

Alexander B. Trivozhenko, M.D., Doctor of medical sciences, Head of Functional Diagnostic Department¹, Professor of Clinical Physiology and Functional Diagnostics Department², ORCID 0000-0001-6449-9523

Grebenyuk Oleg Valerievich, M.D., Candidate of Medical Sciences, Assistant Professor of Neurology and Neurosurgery Department³, ORCID 0000-0002-4740-0162

¹ Siberian Federal Research and Clinical Center of FMBA of Russia

² Academy of Postgraduate Education FGBU FNKTs FMBA of Russia

³ Siberian State Medical University of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation

Corresponding author: Trivozhenko Alexander Borisovich

E-mail: borissh@yandex.ru

Статья поступила / Received 28.04.2023

Получена после рецензирования / Revised 30.04.2023

Принята в печать / Accepted 30.04.2023

Для цитирования: Авхименко В. А., Тривоженко А. Б., Гребенюк О. В. Метод динамической одномоментной доплерографии коронарного и церебрального кровотока с анализом эффективности пантовой бальнеологической терапии у пациентов с артериальной гипертензией. Медицинский алфавит. 2023;(15):36–40. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2023-15-35-40>

For citation: Avkhimenko V. A., Trivozhenko A. B., Grebenyuk O. V. Method of dynamic one-stage Dopplerography of coronary and cerebral blood flow with analysis of efficiency of antler balneotherapy in patients with arterial hypertension. Medical alphabet. 2023;(15):36–40. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2023-15-35-40>



Возможность применения оценки продольной систолической деформации левого желудочка при стресс-эхокардиографии с чреспищеводной стимуляцией предсердий. Клинический пример

Л. Н. Антонова¹, М. Н. Алехин^{2,3}

¹ ФГКУ «Центральный клинический военный госпиталь», Москва, Россия

² ФГБУ ДПО «Центральная государственная медицинская академия» УД Президента РФ, Москва, Россия

³ ФГБУ «Центральная клиническая больница с поликлиникой» УД Президента РФ, Москва, Россия

РЕЗЮМЕ

Представлено описание клинического случая регистрации продольной систолической деформации левого желудочка с использованием технологии спекл-трекинг при проведении стресс-эхокардиографии с чреспищеводной электрической стимуляцией предсердий у пациента с ишемической болезнью сердца. Особенностью клинического случая является выявление изменений продольной деформации ЛЖ не только в зоне видимых нарушений локальной сократимости миокарда, но и в других зонах, с последующим выявлением гемодинамически значимых стенозов коронарных артерий, бассейн кровоснабжения которых соответствует зонам с выявленными нарушениями продольной деформации ЛЖ, но без видимых нарушений локальной сократимости. Представленный случай показывает перспективность использования оценки показателей деформации левого желудочка при проведении стресс-эхокардиографии с чреспищеводной электрической стимуляцией предсердий.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: стресс-эхокардиография, чреспищеводная стимуляция предсердий, спекл-трекинг, продольная систолическая деформация.

Feasibility of the assessment of longitudinal systolic deformation of the left ventricle in transesophageal atrial pacing stress echocardiography. Clinical case

L. N. Antonova¹, M. N. Alekhin^{2,3}

¹ Central clinical military hospital, Moscow, Russia

² Central State Medical Academy of Department of Presidential Affairs, Moscow, Russia

³ Central Clinical Hospital of the Presidential Administration, Moscow, Russia

SUMMARY

The article describes a clinical case of registration of longitudinal systolic deformation of the left ventricle using speckle-tracking technology during stress- echocardiography with transesophageal atrial pacing in a patient with coronary heart disease. A feature of the clinical case is the identification of changes in the longitudinal deformation of the left ventricular not only in the zone of visible local disturbances of myocardial contractility, but also in other zones, followed by the identification of hemodynamically significant stenoses of the coronary arteries, which supply the zones with defective longitudinal deformation of left ventricular, but without visible local disturbances of myocardial contractility. The presented case shows the prospects of using the evaluation of left ventricular deformation indicators during stress echocardiography with transesophageal atrial pacing.

KEYWORDS: stress-echocardiography, transesophageal atrial pacing, speckle- tracking, longitudinal systolic deformation.

ВВЕДЕНИЕ

Использование неинвазивной диагностики и стратификация риска имеют первостепенное значение в процессе обследования пациентов с ишемической болезнью сердца (ИБС) [1, 2]. Неинвазивные визуализирующие функциональные пробы являются методом выбора для диагностики ИБС и стресс-эхокардиография (стресс-ЭхоКГ) является наиболее доступной [1, 3]. Наиболее распространенными видами нагрузок, используемыми при стресс-ЭхоКГ, являются физические нагрузки, фармакологические пробы и чреспищеводная электрическая стимуляция предсердий (ЧПЭСП) [4]. ЧПЭСП используется реже проб с физической нагрузкой и фармакологических проб, что обусловлено дискомфортом для пациентов, техническими

сложностями при навязывании ритма у некоторых пациентов и более низкой специфичностью. Однако, учитывая безопасность этого стресс-агента и возможность выполнения тем пациентам, которые не способны выполнить физическую нагрузку, ЧПЭСП может быть хорошей альтернативой фармакологической пробы при стресс-ЭхоКГ.

В ряде публикаций последних лет показана возможность использования оценки деформации ЛЖ при спекл-трекинг стресс-ЭхоКГ с фармакологическими пробами и с пробами с физической нагрузкой, что позволяет увеличить чувствительность проб по сравнению с визуальным анализом локальной сократимости ЛЖ [5, 6]. В доступной нам литературе мы не нашли информации об использовании спекл-трекинг стресс-ЭхоКГ при ЧПЭСП.

В связи с этим целью публикации этого клинического наблюдения является представление использования спекл-трекинг стресс-ЭхоКГ при ЧПЭСП у больного с ИБС.

Клиническое наблюдение

Пациент М., 68 лет, поступил в плановом порядке в ЦКВГ 07.06.2021 г. с жалобами на периодически возникающие колющие, иногда давящие, боли за грудиной и одышку при незначительной физической нагрузке (при подъеме на 2-й этаж, по ровной поверхности до 100 метров), купируемые в покое в течение 1 минуты без приема нитратов. В анамнезе: в течение длительного времени страдает ИБС на фоне гипертонической болезни с максимальными цифрами АД 200/90 мм рт. ст., адаптирован к цифрам АД 130/80 мм рт. ст. В 2004 г. инфаркт миокарда задней стенки ЛЖ. Регулярно терапию не принимает. Настоящее ухудшение самочувствия около 6 месяцев назад, когда отметил появление вышеописанных жалоб.

При осмотре состояние удовлетворительное. Кожные покровы обычной окраски и влажности. Цианоза нет. Отеков голеней и стоп нет. Лимфоузлы не увеличены. Частота дыханий 16 в минуту. Аускультативно дыхание везикулярное, хрипов нет. Частота сердечных сокращений 64 в минуту. АД 150/90 мм рт.ст. Тоны сердца приглушены, ритмичные. Рост 168 см, масса тела 70 кг (ИМТ: 24,8 кг/м²).

На электрокардиограмме в покое: ритм синусовый с ЧСС 63 уд. в мин. Нормальное положение ЭОС (рис. 1).

В клиническом и биохимическом анализах крови показатели без отклонений от нормальных значений.

При эхокардиографическом исследовании размеры камер сердца не увеличены, регистрируется гипертрофия миокарда левого желудочка, нарушений локальной и глобальной сократимости миокарда левого желудочка не выявлено, ФВ — 62%, значимой клапанной патологии не выявлено.

Пациенту был сформулирован клинический диагноз: Основное заболевание: ИБС. Стенокардия напряжения 3 ФК. Постинфарктный кардиосклероз (не Q-образующий инфаркт миокарда нижней стенки ЛЖ от 2004 г.). Атеросклероз аорты, коронарных артерий сердца. Осложнения основного заболевания: ХСН 1 стадии 1 ФК

(НУНА). Нарушения ритма сердца — частая желудочковая экстрасистолия. Фоновое заболевание: гипертоническая болезнь 3 стадии, 3 степени, риск 4. Сопутствующие заболевания: кисты обеих почек.

Учитывая не совсем типичный характер жалоб пациента для стенокардии (периодически возникающие колющие, иногда давящие, боли за грудиной и одышку при физической нагрузке, проходящие в покое в течение минуты, не требующие приема нитратов), для решения вопроса о проведении коронарографии была назначена стресс-эхокардиография. Учитывая значительную детренированность пациента (пациент отмечает быструю утомляемость, усталость и появление одышки при незначительной физической нагрузке), а так же наличие гипертонической болезни 3 ст. 3 ст. в качестве стресс-агента была выбрана ЧПЭСП.

Пациенту первым этапом был проведен тест на ИБС с ЧПЭСП с регистрацией 12 отведений ЭКГ. На ЧПЭСП при стимуляции с частотой 150 импульсов в минуту зарегистрирована горизонтальная депрессия сегмента ST до 2,0–4,0 мм в отведениях I, V2–V6, сохраняющаяся в восстановительных комплексах до 1,5–2,0 мм в тех же отведениях (рис. 2).

Вторым этапом была проведена Стресс-ЭхоКГ с ЧПЭСП (с регистрацией стандартных и усиленных отведений ЭКГ от конечностей), при которой на фоне частоты импульсов 120 в минуту была выявлена акинезия базального и среднего задних сегментов и базального заднеперегородочного сегмента ЛЖ, гипокинезия базального и среднего задне-боковых сегментов ЛЖ. В ближайшем восстановительном периоде зоны нарушения локальной сократимости миокарда вернулись к исходной нормокинезии. Проба расценена как положительная по эхокардиографическим критериям ишемии миокарда. При этом на ЭКГ при частоте стимуляции 120 импульсов в минуту и в ближайшем восстановительном периоде зарегистрирован эпизод элевации сегмента ST до 2,0–4,0 мм в отведениях II, III с реципрокной горизонтальной и косонисходящей депрессией в I, aVL отведениях (рис. 3). Примерно через 20 сек. ЭКГ вернулась к исходной. Проба расценена как положительная по ЭКГ критериям ишемии.

Рисунок 1. Электрокардиограмма пациента М.

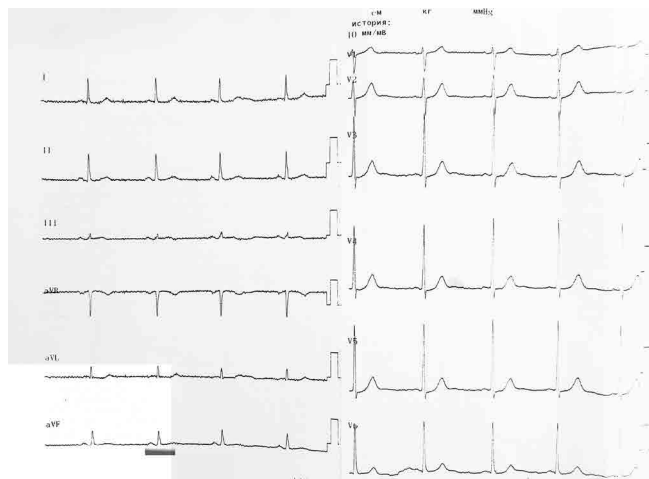


Рисунок 2. ЧПЭСП с частотой 150 импульсов в минуту

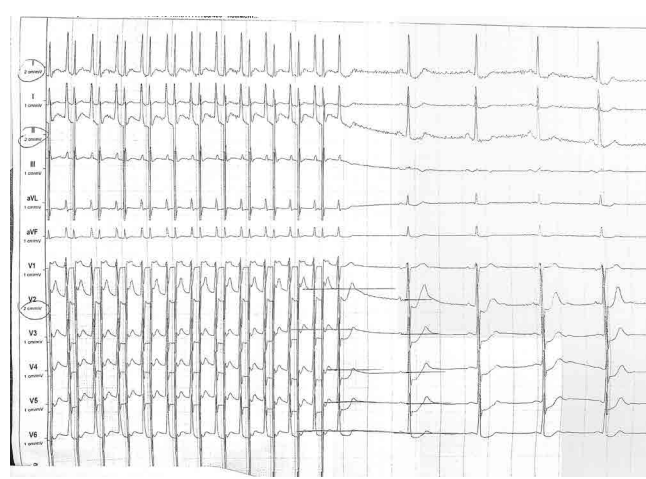




Рисунок 3. ЧПЭСР с частотой стимуляции 120 импульсов в минуту

Таким образом при стресс-эхокардиографии были выявлены зоны нарушения локальной сократимости миокарда ЛЖ в бассейне правой коронарной артерии и в бассейне огибающей артерии. Зон нарушения локальной сократимости миокарда ЛЖ в бассейне передней нисходящей артерии выявлено не было. При проведении спекл-трекинг эхокардиографии (исследование выполняли на ультразвуковом сканере HS70A-RUS фирмы Samsung-Medison датчиком PA1-5A с использованием программы Strain+) сразу после прекращения стимуляции регистрировалось локальное снижение продольной деформации миокарда ЛЖ в области задней и задне-боковой стенок ЛЖ, а также всей передней стенки ЛЖ, что соответствует бассейну передней нисходящей артерии. Наряду с этим регистрировалось снижение глобальной продольной систолической деформации (ГПСД) ЛЖ в сравнении с исходной. ГПСД ЛЖ исходно — 23,9%, ГПСД ЛЖ сразу после прекращения стимуляции — 16,7% (рис. 4., рис. 5). При этом фракция выброса ЛЖ при стимуляции с частотой 120 импульсов в минуту и в постстимуляционном периоде была в пределах нормальных значений. Отрицательных субъективных ощущений у пациента во время исследования не отмечалось.

В связи с изменениями при стресс-ЭхоКГ пациенту была проведена коронароангиография, где было выявлено стенозирование терминального отдела ствола левой

коронарной артерии на 70%, правой коронарной артерии на 60–90% и передней нисходящей артерии на 40–90%. (рис. 6). Были проведены ангиопластика и стентирование правой коронарной артерии, передней нисходящей артерии и ствола левой коронарной артерии с хорошим гемодинамическим и клиническим эффектом.

ОБСУЖДЕНИЕ

Представленный клинический пример демонстрирует, что оценка показателей деформации миокарда ЛЖ с помощью технологии спекл-трекинг при стресс-эхокардиографии с ЧПЭСР в раннем постстимуляционном периоде принципиально возможна и позволяет дополнить визуальный анализ нарушений локальной сократимости ЛЖ. Перспективность оценки показателей деформации при спекл-трекинг стресс-ЭхоКГ ранее была неоднократно показана для проб с физической нагрузкой и для фармакологических проб [5, 6]. По данным мета-анализа оценка глобальной продольной систолической деформации левого желудочка позволяет увеличить чувствительность стресс-ЭхоКГ до 88% (95% ДИ 84 to 92) по сравнению с 74% (95% ДИ 68 to 80), $p < 0,001$ при визуальном анализе сократимости [5]. В представленном клиническом примере наблюдалось существенное уменьшение глобальной продольной систолической деформации ЛЖ с 23,9% в исходном состоянии до 16,7% сразу после прекращения

Рисунок 4. Показатели продольной систолической деформации ЛЖ исходно

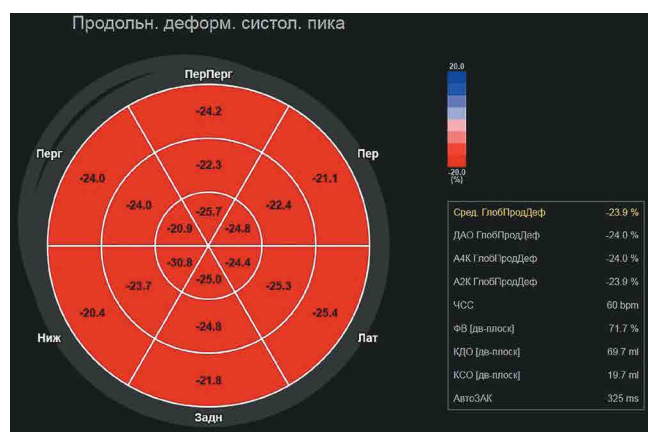
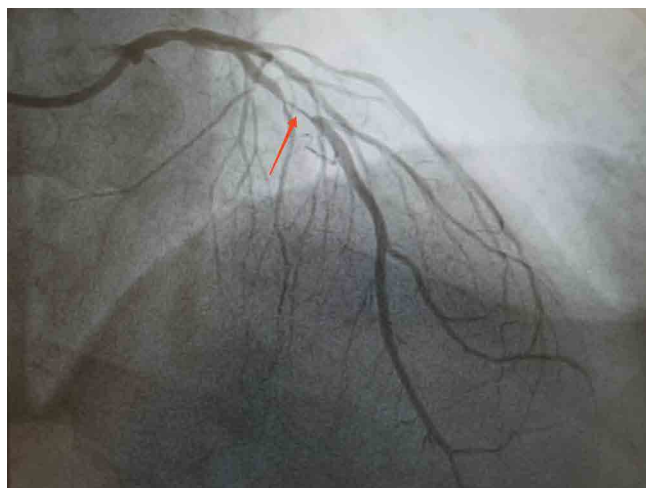
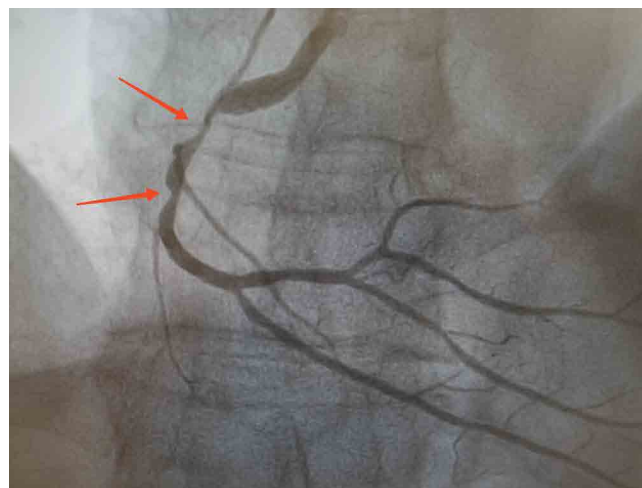


Рисунок 5. Показатели продольной систолической деформации ЛЖ в ближайшем восстановительном периоде





А



Б

Рисунок 6. Коронароангиография. Стрелками указаны зоны гемодинамически значимого стенозирования передней нисходящей артерии (а) и правой коронарной артерии (б)

стимуляции. Подобная динамика ГПСД характерна для пациентов со значительно выраженным поражением коронарного русла при стресс-ЭхоКГ на тредмиле [6]. Возможно ли эти закономерности экстраполировать на стресс-ЭхоКГ при ЧПЭСП только предстоит установить.

Наряду с этим у нашего пациента наблюдалось снижение регионарной продольной деформации сегментов ЛЖ, которые кровоснабжаются из бассейна передней нисходящей артерии, а нарушения локальной сократимости в этих сегментах при визуальной оценке обнаружены не были. Все это указывает на перспективность дальнейшего изучения возможностей оценки деформации миокарда при спекл-трекинг стресс-ЭхоКГ при ЧПЭСП.

Таким образом, представленный клинический пример показывает возможность выполнения спекл-трекинг стресс-ЭхоКГ при ЧПЭСП, так и возможность получить количественную информацию о глобальной и региональной продольной систолической деформации левого желудочка в дополнение к визуальному анализу сократимости левого желудочка. Однако, для подтверждения клинической значимости дополнительной оценки глобальной и/или региональной продольной систолической деформации левого желудочка при стресс-ЭхоКГ с ЧПЭСП необходимо проведение дальнейших исследований.

Список литературы / References

1. Стабильная ишемическая болезнь сердца. Клинические рекомендации 2020. Российский кардиологический журнал. 2020;25(11):4076. doi:10.15829/1560-4071-2020-4076
2. Бокерия Л. А., Бузиашвили Ю. И., Алякин Б. Г., Мацкеплишвили С. Т., Иошина В. И., Камардинов Д. Х. Острый коронарный синдром. Основные вопросы стратегии и тактики в клинической практике. М.: НЦССХ им. А. Н. Бакулева РАМН; 2012.
3. Knuuti J, Wijns W, Saraste A, Capodanno D, Barbato E, Funck-Brentano C et al. 2019 ESC Guidelines for the diagnosis and management of chronic coronary syndromes. *European Heart Journal*. 2020;41(3):407–77. DOI: 10.1093/eurheartj/ehz425
4. Sicari R, Nihoyannopoulos P, Evangelista A, Kasprzak J, Lancellotti P, Poldermans D et al. Stress echocardiography expert consensus statement: European Association of Echocardiography (EAE) (a registered branch of the ESC). *European Journal of Echocardiography*. 2008;9(4):415–37. DOI: 10.1093/ejehocardi/jen175
5. Gupta K, Kakar TS, Gupta A, Singh A, Gharpure N, Aryal S, Hawi R, Lloyd SG, Booker J, Hage FG, Prabhu SD, Nanda NC, Bajaj NS. Role of left ventricle deformation analysis in stress echocardiography for significant coronary artery disease detection: A diagnostic study meta-analysis. *Echocardiography*. 2019 Jun;36(6):1084–1094. doi: 10.1111/echo.14365. Epub 2019 May 22. PMID: 31116467; PMCID: PMC6579615.
6. Степанова А. И., Радова Н. Ф., Алякин М. Н. Спекл-трекинг стресс-эхокардиография с использованием тредмил-теста в оценке функциональной значимости степени стеноза коронарных артерий. *Кардиология*. 2021; 61(3): 4–11. <https://doi.org/10.18087/cardio.2021.3.n1462>.

Информация об авторах

Антонова Любовь Николаевна¹,

Алякин Михаил Николаевич^{2,3}, <https://orcid.org/0000-0002-9725-7528>

¹ ФГКУ «Центральный клинический военный госпиталь», Москва, Россия
² ФГБУ ДПО «Центральная государственная медицинская академия» УД Президента РФ, Москва, Россия

³ ФГБУ «Центральная клиническая больница с поликлиникой» УД Президента РФ, Москва, Россия

Автор для переписки: Антонова Любовь Николаевна

E-mail: lubalet@gmail.com

Author information

Antonova L. N.¹,

Alekhin M. N.^{2,3}, <https://orcid.org/0000-0002-9725-7528>

¹ Central clinical military hospital, Moscow, Russia

² Central State Medical Academy of Department of Presidential Affairs, Moscow, Russia

³ Central Clinical Hospital of the Presidential Administration, Moscow, Russia

Corresponding author: Antonova L. N.

E-mail: lubalet@gmail.com

Для цитирования: Антонова Л. Н., Алякин М. Н. Возможность применения оценки продольной систолической деформации левого желудочка при стресс-эхокардиографии с чреспищеводной стимуляцией предсердий. Клинический пример. *Медицинский алфавит*. 2023;(15):41–44. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2023-15-41-44>

For citation: Antonova L. N., Alekhin M. N. Feasibility of the assessment of longitudinal systolic deformation of the left ventricle in transesophageal atrial pacing stress echocardiography. Clinical case. *Medical alphabet*. 2023;(15):41–44. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2023-15-41-44>



Speckle-tracking эхокардиография при коронавирусной инфекции

А. С. Иванова, Л. А. Титова

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный медицинский университет имени Н. Н. Бурденко» Министерства здравоохранения Российской Федерации

РЕЗЮМЕ

Speckle-tracking эхокардиография — перспективная современная методика для оценки структурно-функциональных изменений миокарда при коронавирусной инфекции, имеющая важное значение для долгосрочного прогноза. Целью данного исследования является выявление и оценка миокардиальных эффектов у инфицированных COVID-19 по данным эхокардиографии с использованием специализированной расширенной визуализации и протокола для анализа различных компонентов деформации миокарда. Результаты и методы расширенный протокол получения эхокардиографических изображений был выполнен у 57 пациентов с инфекцией SARS-CoV-2 с оценкой продольной, радиальной и окружной деформации ЛЖ, включая ротацию, скручивание и раскручивание. Кроме того, деформация ЛЖ была проанализирована в соответствующей возрасту контрольной группе здоровых людей ($n=20$). Самой преобладающей находкой было снижение продольной деформации, наблюдавшееся преимущественно в более чем одном базальном сегменте ЛЖ ($n=39/57$ пациентов, 69%). Эта картина напоминала морфологию «обратного тако-цубо», которая не типична для других вирусных миокардитов. Дополнительные результаты включали двухфазный паттерн с максимальной постсистолической или отрицательной региональной радиальной деформацией, преимущественно базальной ($n=21/57$ пациентов, 37%); отсутствие или дисперсия базальной ротации ЛЖ ($n=28/57$ пациентов, 50%); уменьшенная или положительная региональная окружная деформация более чем в одном сегменте ($n=31/57$ пациентов, 50%). Заключение. Вовлечение миокарда, вызванное SARS-CoV-2, может характеризоваться специфическими паттернами деформации ЛЖ — даже у пациентов с легкими/умеренными симптомами. Выявление вовлечения миокарда с помощью спекл-трекинговой эхокардиографии возможно на острой стадии COVID-19, что может улучшить раннее выявление поражения миокарда, риск стратификации и потенциально кардиопротективное лечение.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: Speckle-tracking, SARS-CoV-2, COVID-19, миокардит, визуализация деформаций, напряжение миокарда.

Speckle-tracking echocardiography in coronavirus infection

A. S. Ivanova, L. A. Titova

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Voronezh State Medical University named after N. N. Burdenko» of the Ministry of Health of the Russian Federation

SUMMARY

Speckle-tracking echocardiography is a promising modern technique for assessing structural and functional changes in the myocardium in coronavirus infection, which is important for long-term prognosis. The aim of this study is to identify and evaluate myocardial effects in COVID-19 infected patients by echocardiography using specialized advanced imaging and a protocol to analyze the various components of myocardial deformity. RESULTS AND METHODS An extended echocardiographic imaging protocol was performed in 57 patients with SARS-CoV-2 infection, assessing longitudinal, radial, and circumferential LV deformity, including rotation, torsion, and torsion. In addition, LV deformity was analyzed in an age-matched control group of healthy individuals ($n=20$). The most predominant finding was a reduction in longitudinal deformity, predominantly in more than one LV basal segment ($n=39/57$ patients, 69%). This pattern resembled the «reverse tako-tsubo» morphology, which is not typical of other viral myocarditis. Additional findings included a biphasic pattern with maximal post-systolic or negative regional radial deformity, predominantly basal ($n=21/57$ patients, 37%); absence or dispersion of LV basal rotation ($n=28/57$ patients, 50%); reduced or positive regional circumferential deformity in more than one segment ($n=31/57$ patients, 50%). Conclusion. Myocardial involvement caused by SARS-CoV-2 can be characterized by specific patterns of LV deformity, even in patients with mild/moderate symptoms. Detection of myocardial involvement by speckle tracking echocardiography is possible in the acute stage of COVID-19, which may improve early detection of myocardial injury, risk of stratification, and potentially cardioprotective treatment.

KEYWORDS: Speckle-tracking, SARS-CoV-2, COVID-19, Myocarditis, Visualization of deformities, myocardial tension.

ВВЕДЕНИЕ

Коронавирусная болезнь 2019 (COVID-19) — системное вирусное заболевание, вызванное SARS-CoV-2 (тяжелый острый респираторный синдром-коронавирус-2), который может привести к опасным для жизни тяжелым острым респираторным синдромам, особенно у пациентов в группе высокого риска. У пациентов с COVID-19 выявлено поражение миокарда, которое описывается как особый тип острых миокардитов. Повреждение миокарда может быть вызвано непосредственно вирусом SARS-CoV-2 или иммунопатологическим путем. Вовлечение миокарда подтверждено повышенным уровнем тропонина Т и натрийуретическим пептидом мозгового типа (NT-pro-

BNP), отмечается снижение фракции выброса (ФВ) левого желудочка (ЛЖ), что влечет за собой неблагоприятные исходы и повышенную смертность. Поэтому чрезвычайно важно сосредоточиться на выявлении поражения миокарда на ранней стадии SARS-CoV-2-инфекции, а так же на остаточном повреждении миокарда после выздоровления, что может повлиять на дальнейший прогноз ведения пациентов. В настоящее время магнитно-резонансная томография сердца (МРТ) представляет собой золотой стандарт для диагностики миокардитов. Однако использование МРТ ограничено в своем применении для пациентов в тяжелом и очень тяжелом состоянии, стоит упомянуть о том, что аппарат МРТ имеется не во всех лечебных учрежде-

ниях, следует учесть дороговизну исследования. Таким образом, метод визуализации, такой как эхокардиография, может быть предпочтительнее в этих условиях, потому что устройства легче дезинфицировать, подходит для повторных исследований, особенно если необходимо отслеживать динамику инфекционного процесса. В данной статье описывается разработка больницы скорой медицинской помощи инфекционного отделения больных с подтвержденным COVID-19.

Цель данного исследования заключается в выявлении и оценке миокардиальных эффектов у инфицированных COVID-19 по данным эхокардиографии с использованием специализированной расширенной визуализации и протокола для анализа различных компонентов деформации миокарда.

Метод и материалы

Были проанализированы протоколы эхокардиографических исследований 57 пациентов, проходивших обследование и лечение в БУЗ ВО «ВГКБСМП № 10» с диагнозом с SARS-CoV-2. Симптомы пациентов с SARS-CoV-2 варьировались от легких/умеренных до тяжелых, требующих длительной искусственной вентиляции легких. Таким образом, анализ подгруппы выполняли у пациентов с легкой/умеренной симптоматикой (без ИВЛ, $n=21$) и тяжелые симптомы (необходима искусственная вентиляция легких, $n=36$). Была выполнена прикроватная трансторакальная эхокардиография у постели больного, после чего произведен анализ результатов исследования. Полученные эхокардиографические данные были образцовыми, что подтверждено двумя идентичными результатами МРТ. Характеристики пациентов были собраны из медицинских карт, лабораторных и инструментальных данных (оценка возраста, температуры тела, частоту дыхания, артериальное давление, ЧСС, кашель, наличие пороков клапанов сердца, ишемической болезни сердца, инфаркта миокарда, дислипидемии, сахарного диабета, хронической обструктивной болезни легких, перикардального выпота, плеврального выпота, стенокардии, учитывались следующие показатели: Лейкоциты ($\text{exp9} / \text{л}$), С-реактивный белок ($\text{мг} / \text{л}$), Прокальцитонин ($\text{нг} / \text{мл}$), Креатинкиназа ($\text{мккат} / \text{л}$), Тропонин Т ($\text{пг} / \text{мл}$), NT-proBNP ($\text{пг} / \text{мл}$), D-димер ($\text{мг} / \text{л}$).

Кроме того, деформация ЛЖ была проанализирована в сопоставимой по возрасту контрольной группой здоровых лиц той же возрастной группы ($n=20$). Все испытуемые давали информированное согласие после полного разъяснения цели и порядка проведения всех процедур. Трансторакальная эхокардиография выполнялась с помощью ультразвукового аппарата GE Logiq S8 с датчиком с фазированной решеткой с использованием программного обеспечения для количественного анализа. Пациентам было проведено базовое эхокардиографическое обследование в соответствии с протоколом трансторакальной эхокардиографии.

Совершенствование цифровой обработки ультразвуковых изображений способствовало появлению принципиально новой методики оценки механики миокарда —

спекл-трекинг эхокардиографии (СТЭ). Сейчас сложно представить себе современный кардиологический ультразвуковой сканер без технологии СТЭ. Основной принцип этого метода очень прост: каждый сегмент ткани миокарда кодируется индивидуальным оттенком серого цвета. При оценке в целом пространственного распределения оттенков формируется особый рисунок, который называют speckle pattern, что в переводе с английского языка означает «рисунок точек». Такой рисунок характеризует акустические свойства ткани и является специфическим для каждого сегмента. При изменении положения сегмента во время сердечного цикла меняется и пространственное размещение акустических точек, а современное программное обеспечение ультразвуковых сканеров дает возможность отслеживать кадр за кадром смещение этих точек (speckles). Наиболее частым параметром, который измеряется при проведении СТЭ, является продольный стрейн (strain). Под стрейном понимают изменение длины волокна относительно ее исходного значения, эта величина выражается в процентах. Важно помнить, что отрицательное значение стрейна (–) означает укорочение (продольный и циркулярный стрейн) или истончение (радиальный стрейн) сегмента, в то время как положительная величина (+) — растяжение (продольный и циркулярный стрейн) или утолщение (радиальный стрейн) сегмента. Большинство научных публикаций посвящено изучению стрейна левого желудочка (ЛЖ), однако левое предсердие (ЛП) и правый желудочек (ПЖ) сегодня также интенсивно изучаются.

Глобальная (GLS) и региональная (rLS) продольная деформация оценивали путем определения деформации слоя во всех апикальных проекциях. Глобальная (GCS) и региональная (rCS) окружная деформация слоя и глобальная (GRS) и региональная (rRS) радиальная деформации определяли в апикальной, средней и базальной парастернальной позиции по короткой оси. Для анализа вращения и скорости вращения (скручивание и раскручивание), были получены только апикальные проекции по короткой оси. Базальные проекции по короткой оси стенки ЛЖ в течение всего сердечного цикла. Кроме того, GLS правого желудочка оценивали в апикальных четырехкамерных проекциях.

Все статистические анализы были выполнены с использованием SPSS Statistics версии 24.0 (IBM, Armonk, NY). Непрерывные переменные были выражены как среднее значение $\pm$ стандартное отклонение (SD) и сравнивались между группами с использованием t-критерия Стьюдента. Статистическая значимость была принята для значения $p < 0,05$.

Результаты

Характеристики всех пациентов, инфицированных SARS-CoV-2: было отобрано 37 мужчин и 20 женщин в возрасте от 41 года до 67 лет, температура варьировалась от 37,2 до 39,4 °C, артериальное давление 136/72 мм.рт.ст.-158/86 мм.рт.ст., наличие пороков клапанов сердца у 2 пациентов, ишемическая болезнь сердца у 9 пациентов, инфаркта миокарда не выявлено, сахарный диабет 2 типа

у 4 пациентов, хроническая обструктивная болезнь легких 1 пациент. Не выявлено четкой тенденции деформационных изменений миокарда ни по одному вышеизложенному критерию. Тропонин Т, NT-про-BNP, С-реактивный белок (CrP), прокальцитонин (PCT), интерлейкин-6 (IL-6), и д-димера были значительно увеличены у пациентов с тяжелым течением по сравнению с пациентами с легкими / умеренными симптомами. Сердечные размеры и оценка функции при обычной трансторакальной эхокардиографии были в пределах возрастной нормы, за исключением индекса ремоделирования левого желудочка у пациентов с тяжелыми симптомами, который был значительно выше по сравнению с пациентами с легким / умеренным течением заболевания. Эхокардиографические параметры ПЖ существенно не различались между обеими группами. Однако GLS свободной стенки правого желудочка (ПЖ) был незначительно снижен (ПЖ GLS: от -17 до -23%) у четырех из 36 пациентов с тяжелой формой течения заболевания, требующей искусственной вентиляции легких. Все эти 36 пациентов показали повышенный Тропонин Т и NT-про-BNP. У всех остальных пациентов с тяжелыми симптомами нормальная средняя величина GLS ПЖ.

Кроме того, два пациента с легкими симптомами также показали: умеренно сниженный GLS ПЖ.

В отличие от обычной эхокардиографии, визуализация деформации позволила выявить несколько интересных находок.

1. rLS была снижена более чем в одном базальном сегменте ЛЖ — преимущественно в субэпимииокарде у 69% всех групп обследования (10 с легким течением и 29 с тяжелым).
2. Кривые rRS показали двухфазный характер с максимумом постсистолического PPC (= раннее систолическое истончение стенки ЛЖ) или отрицательный систолический rRS (= полная истончение стенки ЛЖ в систолу у 37% двух групп (5 с легким течением и 16 с тяжелым)).
3. Наблюдалось отсутствие базальной ротации -51% (7 с легким и 22 с тяжелым)
4. rCS был значительно снижен или был положительным более чем в одном из сегментов ЛЖ — преимущественно в среднем и базальном сегментах ЛЖ также у 51% всех пациентов (4 с легким и 25).

Кроме того, при сравнении двух групп-легкого течения, не требующего ИВЛ и группы пациентов тяжелого течения достоверно снижена продольная деформация базального

сегмента стенки ($p < 0,05$), а остальные показатели достоверно не отличались (все $p > 0,05$).

Патологическая деформация (> 2 основных критериев) наблюдалась у 53 из 57 (93%) пациентов, инфицированных SARS-CoV-2 и у всех пациентов с тяжелым течением заболевания, большинство представлены сопоставимыми паттернами дисфункции ЛЖ аналогичного распределению в ЛЖ «обратного базального тако-цуболического синдрома. Определяется истончение стенки ЛЖ. Изменения rRS часто были связаны с нарушениями ротации. Аномальный rCS наблюдаются во всех слоях. Паттерны скручивания и раскручивания, подтвержденные вращением и скоростью вращения аномальны из-за нарушения ротации базальных сегментов ЛЖ.

Важность описанных эхокардиографических результатов у пациентов, инфицированных SARS-CoV-2, подчеркнуты путем сравнения с наборами данных контрольной группы того же возраста ($n=20$) с нормальными показателями деформации ЛЖ.

Обсуждение и выводы

Несмотря на нормальную фракцию выброса левого желудочка (ФВЛЖ), у большинства инфицированных пациентов выявлена аномальная деформация. Возникновение патологических кривых показывают аномальные паттерны, которые можно описать как тако-цубо-подобный синдром. Базальное периферическое поражение миокарда ЛЖ обычно трансмурального типа. Наблюдались аномальные формы деформации у пациентов, инфицированных SARS-CoV-2 с легкой/умеренной и тяжелой степенью. Вовлечение миокарда, вызванное SARS-CoV-2, часто демонстрирует специфические паттерны деформации ЛЖ из-за выраженного отека и/или повреждения миокарда в базальных сегментах ЛЖ. Нормальная глобальная продольная деформация и аномальный базальный rLS подчеркивают предположение, что ранняя стадия миокардита, вызванного SARS-CoV-2, характеризуется субэпимииокардиальным поражением. Более того, аномалии базальных показателей rRS и rCS предполагают в первую очередь базальное субэпимииокардиальное поражение. Трансмуральное поражение миокарда, полученное с помощью анализа циркулярной деформации может указывать на запущенную стадию заболевания на момент исследования. Находка «обратного базального тако-цубо-подобного синдрома» базального сегмента ЛЖ также можно объяснить отеком, который приводит к аномальным базальным кривым rRS без каких-либо изменений.

Настоящее исследование представляет собой новые данные о поражении миокарда из-за аномалий деформации ЛЖ, полученные с помощью современной эхокардиографии у пациентов с SARS-CoV-2.

Выявление вовлечения миокарда с помощью спеклтрекинговой эхокардиографии возможно на острой стадии COVID-19, что может улучшить раннее выявление поражения миокарда, риск и стратификацию, потенциально кардиопротективное лечение. Эхокардиография с отслеживанием спеклов также может быть подходящей для выявления остаточного поражения миокарда после острой стадии

Таблица 1
Сравнение общих индексов трехмерной деформации между двумя группами пациентов в базальном сегменте ЛЖ

Индекс	Легкая/умеренная симптоматика (n = 21)	Тяжелая симптоматика с ИВЛ (n = 36)
rLS (%)	-24.36 ± 5.05	$-12.59 \pm 4.07^*$
rCS (%)	-21.39 ± 4.11	-19.86 ± 3.27
rRS (%)	92.15 ± 15.45	79.81 ± 12.34

По сравнению с группой, с легкой/умеренной симптоматикой * $p < 0,05$. rLS: региональная продольная деформация, rCS: региональная окружная деформация и rRS: региональная радиальная деформация. Жирным шрифтом обозначены индексы, $p < 0,05$.

SARS-CoV-2-инфекции. Данное исследование создает основу для последующих исследований с целью определения прогностических ценностей патологических изменений у пациентов с инфекцией SARS-CoV-2.

Список литературы / References

1. Kadappu K.K., Thomas L. Tissue Doppler imaging in echocardiography: value and limitations. *Heart Lung Circ.* 2015; 24(3):224–33.
2. Lang R.M., Badano L.P., Mor-Avi V., et al. Recommendations for cardiac chamber quantification by echocardiography in adults: an update from the American Society of Echocardiography and the European

Association of Cardiovascular Imaging. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging.* 2015; 16(3):233–70.

3. Mor-Avi V., Lang R.M., Badano L.P., et al. Current and evolving echocardiographic techniques for the quantitative evaluation of cardiac mechanics: ASE/EAE consensus statement on methodology and indications endorsed by the Japanese Society of Echocardiography. *Eur J Echocardiogr.* 2011; 12(3):167–205.
4. Voigt J.U., Pedrizzetti G., Lysyansky P., et al. Definitions for a common standard for 2D speckle tracking echocardiography: consensus document of the EACVI/ASE/Industry Task Force to standardize deformation imaging. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging.* 2015;16(1):1–11.
5. Несукай Е.Г., Даниленко А. А. Роль спекл-трекинг эхокардиографии в диагностике и лечении сердечно-сосудистых заболеваний. *Медицинский алфавит.* 2018; 33–43 file:///C:/Users/USER/Downloads/rol-spekl-treking-ehokardiografii-v-diagnostike-i-lechenii-serdechno-sosudistykh-zabolevaniy.

Информация об авторах

А. С. Иванова, ассистент кафедры инструментальной диагностики, <https://orcid.org/0000-0001-5643-4770>

Л. А. Титова, заведующая кафедрой инструментальной диагностики, д.м.н., доцент, <https://orcid.org/0000-0002-8421-3411>

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный медицинский университет имени Н.Н. Бурденко» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Воронеж

Автор для переписки: Иванова Анастасия Сергеевна

E-mail: a.s.ivanova@vnmgu.ru

Author information

A. S. Ivanova, Assistant

L. A. Titova, Head of the Department, MD, Associate Professor

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education N.N. Burdenko Voronezh State Medical University, Ministry of Health Care of the Russian Federation

Corresponding author: A.S. Ivanova

E-mail:

Статья поступила / Received 18.04.2023

Получена после рецензирования / Revised 20.04.2023

Принята в печать / Accepted 20.04.2023

Для цитирования: Иванова А. С., Титова Л. А. Speckle-tracking эхокардиография при коронавирусной инфекции. *Медицинский алфавит.* 2023;(15):45–48. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2023-15-45-48>

For citation: Ivanova A. S., Titova L. A. Speckle-tracking echocardiography in coronavirus infection. *Medical alphabet.* 2023;(15):45–48. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2023-15-45-48>



Возможности тепловизионной диагностики острого риносинусита программными средствами в режиме автоматического анализа термограмм

И. М. Долгов¹, Ю. В. Карамышев², И. С. Железняк², А. А. Карамышева⁵, А. И. Махновский^{3,4}, Д. Н. Хрипковский¹

¹ ООО «Дигносис», Россия

² ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия им. С. М. Кирова» Министерства обороны Российской Федерации, Россия

³ ГБУ «Санкт-Петербургский НИИ скорой помощи им. И. И. Джанелидзе», Россия

⁴ ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И. И. Мечникова» Минздрава России

⁵ Спб ГБУЗ «Женская консультация № 44» Пушкинского района, Санкт-Петербург

РЕЗЮМЕ

Современные тенденции развития методов медицинской визуализации, (в т.ч., медицинского тепловидения) заключаются в разработке таких способов обработки медицинских изображений, на основании которых было бы возможно создать «цифровой портрет» нозологии и использовать эти способы в автоматическом режиме для создания систем помощи принятия клинических решений.

Цель исследования: определить количественные значения тепловизионных критериев острых риносинуситов (ОРС), внедрить эти критерии в протоколы автоматического анализа в целях создания диагностического комплекса, пригодного к использованию специалистами любого профиля.

Материалы, методы: с использованием медицинского тепловизора «ТВС300-мед» (388x288 пиксел, чувствительность 0,03 °C) (ООО «СТК СИЛАР» (г. Санкт-Петербург), после соответствующей адаптации, обследовано 100 здоровых волонтеров и 305 пациентов, направленных в стационар с подозрением на наличие ОРС (диагноз ОРС подтвержден у 173 пациентов). Термограммы (в проекции «голова фронт») обработаны в «облачном» автоматическом программном комплексе TVision (ООО «Дигносис») с автоматической разметкой и формированием областей интереса (ОИ) в проекциях верхнечелюстных пазух (ВЧП) и точки, расположенной посередине межбровной линии (Тср). Определялись следующие показатели: разница температуры между Тср и средней температурой в проекции правой (ΔТпр) и левой (ΔТлев) ВЧП.; разница средних температур в проекции пазух (ΔТпаз).

Результаты. Наилучшими дифференцирующими качествами обладает комплекс показателей «ΔТпаз ≥ 0,5 °C; ΔТпр и/или ΔТлев ≤ 0» в формате «оба показателя или хотя бы один»: чувствительность 82%, и специфичность 74%, диагностическую эффективность теста 78%. Посредством введения данных критериев в алгоритмы программной обработки термограмм создан автоматический комплекс диагностики ОРС.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: медицинское тепловидение, острый риносинусит, диагностика.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов относительно материала, обсуждаемого в данной статье.

Advance Thermography diagnostics: automatic algorithm to find out acute sinusitis

I. M. Dolgov¹, Y. V. Karamyshev², I. S. Zheleznyak², A. A. Karamysheva⁵, A. I. Makhnovsky^{3,4}, D. N. Khriupkovskiy¹

¹ LLC "Dignosys" Russia

² Military Medical Academy of the Ministry of Defense of the Russian Federation named after S. M. Kirov, Russia

³ State Budgetary Institution "I. I. Dzhanelidze Saint Petersburg Research Institute of Emergency Medicine" Russia

⁴ North-Western State Medical University named after I. Mechnikov Ministry of Health of the Russian Federation

⁵ St. Petersburg State Budgetary Healthcare Institution "Women's Consultation clinic No. 44" of the Pushkin district of St. Petersburg

⁶ Privolzhsky Research Medical University

SUMMARY

Development of medical imaging techniques (including medical thermography) provided an opportunity to mine data that can be explored for the development of clinical decision support systems.

Aim. Find out quantitative thermography criteria for acute rhinosinusitis and implement these criteria into automated analysis protocols to create a diagnostic complex suitable for use by professionals of any medical speciality.

Material, methods. After necessary adaptation, facial thermography by mean of thermography camera TVC300-med LLC "СТК СИЛАР" Russia, (384x288 pixel, 30 mK) was performed in 100 healthy volunteers and 305 patients with suspected acute rhinosinusitis (in 173 of them diagnosis was supported). Resulted thermograms were processed in "cloud service" TVision (LLC "Dignosys", Russia). Point and regions of interest (ROI), namely, point in the middle of the line, connected inner edge of eyebrows (Tcp) and ROI, covered the projections of maxillary sinuses were marked automatically. Difference between temperature in Tcp point and mean temperature in each ROI (ΔTr/ΔTI), as well as mean temperature between ROI were calculated (ΔТпаз).

Result. The best results (sensitivity 82%, specificity 74%, accuracy 78%) were received when complex of ΔTr/ΔTI ≤ 0 and module |ΔТпаз| ≥ 0,5 °C (both or at least one criterion) was applied. Based on these data, automatic algorithm of thermography acute rhinosinusitis diagnostics was created to use in primary medical care routine as clinical decision support systems.

KEYWORDS: medical thermal imaging, acute rhinosinusitis, diagnostics.

CONFLICT OF INTEREST. The authors declared no potential conflicts of interest with respect to the research, authorship, and/or publication of this article.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время анализ изображений, полученных в результате любого лучевого исследования, проводится конкретным специалистом (или группой специалистов) на основе их личного прецедентного опыта. Вместе с тем, развитие компьютерных технологий и «искусственного интеллекта» открывает перспективы машинной обработки результатов и создания «индивидуального портрета» конкретной нозологии. Практическая реализация этих тенденций выразилась в радиомике — быстро прогрессирующей области исследований, касающейся извлечения, оцифровки и количественного анализа особенностей полученного изображения и выявления признаков (паттернов), характеризующих ту или иную патологию [1].

В отличие от иных лучевых методов диагностики, медицинское тепловидение (МТ) уже само по себе является цифровым количественным методом исследования и, в тренде передовых аналитических технологий, при использовании надлежащих программных продуктов, абсолютно готово к реализации не требующих участия специально обученного персонала автоматических алгоритмов выявления конкретной нозологии,

На сегодняшний день разработаны алгоритмы автоматического анализа заболевания щитовидной железы, органов дыхания, дорсопатий и ряда других состояний.

Эти результаты, а также совокупность качеств МТ как метода (безвредность, соответственно, отсутствие противопоказаний, возможность использования врачом любой специальности, в т. ч., непосредственно на рабочем месте, простота и удобство применения, отсутствие расходных материалов), доказывают необходимость исследования возможности применения МТ для диагностики острого риносинусита (ОРС), одной из самых распространенных нозологий нашего времени, с которым встречаются врачи практически любой специализации, оказывающие первичную медицинскую помощь взрослым и детям.

Известны публикации, авторы которых использовали для выявления заболевания различные количественные критерии и методы их извлечения и обработки, достигая при этом хороших показателей чувствительности и специфичности [2–5]. Необходимо, однако, отметить, что ни один из этих подходов не реализован как готовый к использованию в рутинной практике метод автоматической диагностики ОРС.

Цель исследования:

Определить количественные значения тепловизионных критериев ОРС, внедрить эти критерии в протоколы автоматического анализа в целях создания диагностического комплекса, пригодного к использованию специалистами любого профиля.

МАТЕРИАЛЫ, МЕТОДЫ

В период с октября 2021 года по март 2023 года было обследовано 405 человек, разделенных на две группы: контрольную (первая группа) и исследуемую (вторая группа).

Первая — контрольная группа.

Модель исследуемого:

- аксиллярная температура тела не выше 36,8 °С;
- отсутствие жалоб, характерных для заболеваний органов дыхания (затруднение носового дыхания, насморк, головные боли, кашель, одышку, боли в грудной клетке, общая слабость).

Данную группу составили 100 волонтеров, согласившихся на участие в исследовании.

Вторая (исследуемая) группа

Модель пациента:

- мужчины;
- аксиллярная температура тела — гипертермия (37,1–38,5 °С);
- наличие жалоб, характерных для заболеваний органов дыхания (затруднение носового дыхания, насморк, головные боли, кашель, одышку, боли в грудной клетке, общая слабость).

Данную группу составили 305 пациентов, направленных в стационар с подозрением на воспалительные заболевания органов дыхания (ОРЗ, ОРС).

В исследование не включены пациенты, имеющие повреждения лицевого скелета или перенесшие операции на околоносовых пазухах (ОНП), со значимой деформацией носовой перегородки, с отягощенным аллергоанамнезом, явными признаками одонтогенной патологии.

Всеми участниками исследования было подписано информированное добровольное согласие.

Пациенты обследованы в соответствии с существующими отечественными стандартами [6].

Все тепловизионные исследования (ТВИ) были выполнены в стандартных условиях в соответствии с общепринятым Протоколом European Association of Thermology (EAT) [7].

Адаптация пациентов перед ТВИ проводилась в течение 12–15 минут в помещении с постоянной температурой воздуха 20–22 градусов при отсутствии потоков горячего и холодного воздуха и прямого солнечного света

Область интереса при ТВИ — проекция «голова фронтально». Дистанция съемки (0,8–1,2 м) была выбрана таким образом, чтобы изображение занимало не менее 70–75% площади термограммы (рис. 1).

ТВИ проводились с использованием российского цифрового тепловизора «ТВС300-мед» производства компании «СТК СИЛАР» (г. Санкт-Петербург), имеющего матричный детектор с разрешением 384 × 288 пикселей и температурной чувствительностью лучше 0,03 °С (рис. 2).

Накопление и обработка термограмм проводилась в базе данных облачного программного комплекса «TVision» компании «Дигносис», Россия (Медицинское изделие «Комплекс медицинский

Рисунок 1. Схема проекции съемки: «голова фронтально»

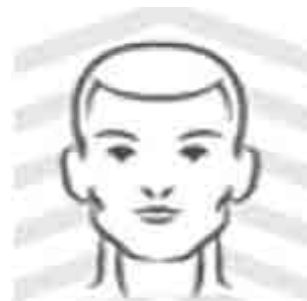




Рисунок 2. Тепловизор «ТВС300-мед» производства ООО «СТК СИЛАР» (г. Санкт-Петербург): а) транспортировочное состояние, б) комплектация, в) тепловизор; г) рабочее состояние для проведения исследований

программной обработки и анализа термограмм «TVision» по ТУ 58.29.40–001–02498151–2019» Регистрационное удостоверение Росздравнадзора № РЗН 2021/15932), который позволяет представлять результаты обследования в режиме реального времени, сохранять полученные обработанные изображения в архиве для последующего анализа (рис. 3).

Термограммы ОНП размечались в автоматическом режиме с формированием следующих областей интереса (ОИ):

- точка на середине расстояния между медиальными краями линий разметки в проекции бровей (точка средней температуры тела (Тст));

- проекции верхнечелюстных пазух (ВЧП) (рис. 4).

Определялись следующие показатели:

- разница температуры между Тст и средней температурой в проекции каждой ВЧП, правой ($\Delta T_{\text{Пр}}$) и левой ($\Delta T_{\text{Лев}}$);

- разница средних температур в проекции пазух ($\Delta T_{\text{Паз}}$).

Для статистического анализа, вычисления мер количественного описания диагностических методов использован пакет SPSS Statistics 26 (IBM).

Рассчитывали критерий согласия Пирсона χ^2 , который позволяет оценить статистическую значимость различий двух относительных показателей, угловой критерий Фишера (ϕ), который предназначен для сопоставления двух выборок по частоте встречаемости интересующего эффекта.

Также, рассчитывали показатели предикторной значимости теста: чувствительность (Se), специфичность (Sp), предсказательную ценность положительного результата (PPV), предсказательную ценность отрицательного результата (NPV), отношение правдоподобия положитель-

ного результата теста (PLR), отношение правдоподобия отрицательного результата теста (NLR), диагностическую эффективность теста (точность) (Acc), диагностическое отношение шансов (DOR), индекс Юдена (J); число пациентов, необходимое для диагностики (NND).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Анализ распределения показателей в контрольной и исследуемой группах.

В контрольной и исследуемой группах изучено распределение значений показателей $\Delta T_{\text{Пр}}$, $\Delta T_{\text{Лев}}$ (разница температуры между Тст и средней температурой в проекции каждой ВЧП) и модуля $\Delta T_{\text{Паз}}$ (разница средних температур в проекциях верхнечелюстных пазух) и определены значения показателей, значительно отличающихся в контрольной и исследуемой группе.

Хотя бы одно значение $\Delta T_{\text{Пр}}$ и $\Delta T_{\text{Лев}}$ меньше, либо равное 0 выявлено у 11 членов контрольной группы и 150 пациентов исследуемой группы. Определен угловой критерий Фишера: $\phi = 4,9$, что свидетельствует о достоверной разнице в частоте встречаемости данного показателя.

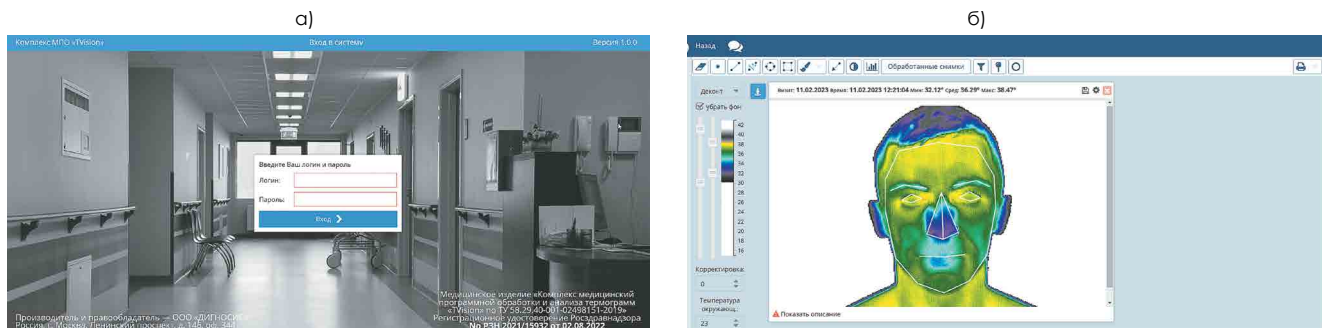
В части показателя «модуль $\Delta T_{\text{Паз}}$ », достоверная разница в частоте встречаемости в группах данного показателя по угловому критерию Фишера выявлена для значений 0,4 °C, 0,5 °C и 0,6 °C, т.е. их можно использовать в качестве дифференциальных диагностических критериев (табл. 1).

Анализ исследуемой группы

Общая группа разделена на две подгруппы:

- подгруппу 2а — 173 пациента, у которых выявлены клинические и рентгенологические признаки синусита (отек слизистой, субтотальное и тотальное

Рисунок 3. Комплекс «TVision»: а) Интерфейс входа в программу; б) Интерфейс окна контроля и обработки результатов



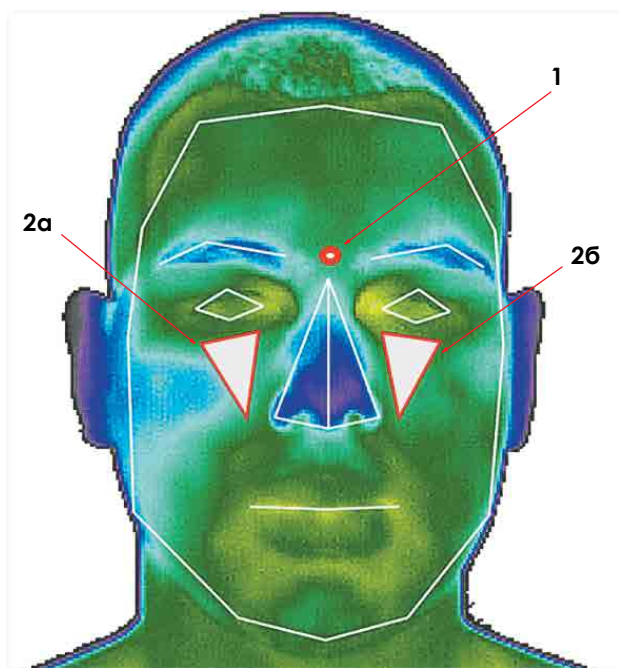


Рисунок 4. Разметка термограммы лица с выделением ОИ: 1 — точка средней температуры тела (Тст); 2 — проекции ВЧП правой (а) и левой (б)

затенение, уровень жидкости хотя бы в одной ВЧП), и подгруппу 2б, где диагноз острого синусита отвергнут — 132 пациента.

Сроки обращения за медицинской помощью варьировали от 1 до 21 суток (средн. 5,9 дня), при этом на 1–3 сутки обратились 110 пациентов, на 4–6 суток — 79, на 7-е сутки и позже — 116 пациентов.

Исследованы возможности использования в качестве дифференцирующего признака в исследуемой группе индивидуальных показателей: « $|\Delta T_{\text{Паз}}|$ » и « $\Delta T_{\text{Пр}}/\Delta T_{\text{Лев}}$ ».

Полученные результаты — лучшее значение площади под ROC-кривой 0,62 — свидетельствуют о плохом качестве модели, в связи с чем проанализированы диагностические перспективы совместного использования двух показателей — « $\Delta T_{\text{Пр}}/\Delta T_{\text{Лев}}$ и $|\Delta T_{\text{Паз}}|$ » — в формате «выявлены оба или хотя бы один из двух».

С целью оптимального выбора, в обеих подгруппах изучено распределение комплекса показателей « $\Delta T_{\text{Паз}} \geq 0,4^\circ$; $\Delta T_{\text{Пр}}/\Delta T_{\text{Лев}} \leq 0$ », « $\Delta T_{\text{Паз}} \geq 0,5^\circ$; $\Delta T_{\text{Пр}}/\Delta T_{\text{Лев}} \leq 0$ » и « $\Delta T_{\text{Паз}} \geq 0,6^\circ$; $\Delta T_{\text{Пр}}/\Delta T_{\text{Лев}} \leq 0$ ».

1. Комплекс « $\Delta T_{\text{Паз}} \geq 0,4^\circ$; $\Delta T_{\text{Пр}}/\Delta T_{\text{Лев}} \leq 0$ »

В группе 2а только показатель $\Delta T_{\text{Паз}} \geq 0,4^\circ$ — обнаружен у 30, $\Delta T_{\text{Пр}}/\Delta T_{\text{Лев}} \leq 0$ у 73, ($\Delta T_{\text{Паз}} \geq 0,4^\circ \text{ C} + \Delta T_{\text{Пр}}/\Delta T_{\text{Лев}} \leq 0$) — у 39 пациентов, т.е., хотя бы один из показателей выявлен у 142 пациентов. Таким образом, тепловизионное исследование по заявленным количественным диагностическим критериям позволило выявить подтвержденное заболевание «острый риносинусит» (истинно положительный результат) у 142 из 173 пациентов.

Тепловизионные критерии заболевания отсутствовали у 31 пациента с установленным диагнозом ОРС.

У пациентов группы 2б хотя бы один из исследуемых

тепловизионных критериев выявлены у 44 пациентов, у 88 пациентов тепловизионные критерии не обнаружены.

Для анализа полученных результатов по критериям « $\Delta T_{\text{Паз}} \geq 0,4^\circ$; $\Delta T_{\text{Пр}}/\Delta T_{\text{Лев}} \leq 0$ » создана таблица сопряжения 2x2 (табл. 2).

Рассчитаны:

- критерий согласия Пирсона $\chi^2 = 74,7$ (для степени свободы = 1 значение χ^2 для отклонения нулевой гипотезы об отсутствии разницы выборок равно 3,8)
- показатели предикторной значимости тепловизионного исследования по критериям « $\Delta T_{\text{Паз}} \geq 0,4^\circ$; $\Delta T_{\text{Пр}}/\Delta T_{\text{Лев}} \leq 0$ » (табл. 3).

2. Комплекс « $\Delta T_{\text{Паз}} \geq 0,5^\circ$; $\Delta T_{\text{Пр}}/\Delta T_{\text{Лев}} \leq 0$ »

Так, в группе 2а только показатель $\Delta T_{\text{Паз}} \geq 0,5^\circ$ — обнаружен у 30, $\Delta T_{\text{Пр}}/\Delta T_{\text{Лев}} \leq 0$ — у 29 пациентов, т.е., хотя бы один из показателей выявлен у 142 пациентов. Т.о., тепловизионное исследование по заявленным количественным диагностическим критериям позволило выявить подтвержденное рентгеном заболевание «острый риносинусит» (истинно положительный результат) у 142 из 173 пациентов.

Тепловизионные критерии заболевания отсутствовали у 31 пациента с установленным диагнозом ОРС.

У пациентов группы 2б хотя бы один из исследуемых тепловизионных критериев выявлены у 34 пациентов, у 98 пациентов тепловизионные критерии не обнаружены.

Для анализа полученных результатов по критериям « $\Delta T_{\text{Паз}} \geq 0,5^\circ$; $\Delta T_{\text{Пр}}/\Delta T_{\text{Лев}} \leq 0$ » создана таблица сопряжения (табл. 4).

Рассчитаны:

- критерий согласия Пирсона $\chi^2 = 95,8$ (для степени свободы = 1 значение χ^2 для отклонения нулевой гипотезы об отсутствии разницы выборок равно 3, 8);
- показатели предикторной значимости тепловизионного исследования по критериям « $\Delta T_{\text{Паз}} \geq 0,5^\circ$; $\Delta T_{\text{Пр}}/\Delta T_{\text{Лев}} \leq 0$ » (табл. 5).

Таблица 1
Значения углового критерия Фишера (Ф)
для показателей разности температуры

	Контроль (n=100)	Исследование (n=305)	Ф
$\Delta T_{\text{Пр}}/\Delta T_{\text{Лев}} \leq 0$	11	150	4,9
$ \Delta T_{\text{Паз}} \geq 0,1^\circ \text{ C}$	85	272	0,8
$ \Delta T_{\text{Паз}} \geq 0,2^\circ \text{ C}$	61	214	1,6
$ \Delta T_{\text{Паз}} \geq 0,3^\circ \text{ C}$	32	159	2,02
$ \Delta T_{\text{Паз}} \geq 0,4^\circ \text{ C}$	9	97	3,3
$ \Delta T_{\text{Паз}} \geq 0,5^\circ \text{ C}$	5	73	4,2
$ \Delta T_{\text{Паз}} \geq 0,6^\circ \text{ C}$	4	43	3,1

Таблица 2
Таблица сопряжения сравниваемых признаков
по критериям « $\Delta T_{\text{Паз}} \geq 0,4^\circ$; $\Delta T_{\text{Пр}}/\Delta T_{\text{Лев}} \leq 0$ »

		Диагноз «острый риносинусит» подтвержден	
		да	нет
Тепловизионные критерии патологии	есть	142	44
	нет	31	88
Всего		173	132

Таблица 3
Показатели предикторной значимости тепловизионного исследования
по критериям « $\Delta T_{\text{Паз}} \geq 0,4^\circ$; $\Delta T_{\text{Пр}} / \Delta T_{\text{Лев}} \leq 0$ »

Показатель	Значение	95% доверительный интервал	
Чувствительность (Se)	0,82	0,77	0,86
Специфичность (Sp)	0,66	0,6	0,72
Предсказательная ценность положительного результата (PPV)	0,76	0,71	0,8
Предсказательная ценность отрицательного результата (NPV)	0,73	0,67	0,8
Отношение правдоподобия положительного результата теста (PLR)	2,46	1,95	3,09
Отношение правдоподобия отрицательного результата теста (NLR)	0,27	0,19	0,37
Диагностическая эффективность теста (точность) (Acc)	0,75	0,7	0,8
Диагностическое отношение шансов (DOR)	9,16	5,2	16,1
Индекс Юдена (J)	0,48	0,45	0,65
Число пациентов, необходимое для диагностики (NND)	2,05	1,53	2,19

3. Комплекс « $\Delta T_{\text{Паз}} \geq 0,6^\circ$; $\Delta T_{\text{Пр}} / \Delta T_{\text{Лев}} \leq 0$ »

Так, в группе 2а только показатель $\Delta T_{\text{Паз}} \geq 0,6^\circ$ — обнаружен у 10, $\Delta T_{\text{Пр}} / \Delta T_{\text{Лев}} \leq 0$ у 94 человек, ($\Delta T_{\text{Паз}} \geq 0,6^\circ \text{C}$ и/или $\Delta T_{\text{Пр}} / \Delta T_{\text{Лев}} \leq 0$) — у 19 пациентов, т.е., хотя бы один из показателей выявлен у 123 пациентов. Т.о., тепловизионное исследование по заявленным количественным диагностическим критериям позволило выявить подтвержденное рентгеном заболевание «острый

риносинусит» (истинно положительный результат) у 123 из 173 пациентов.

Тепловизионные критерии заболевания отсутствовали у 50 пациентов с установленным диагнозом ОРС.

У пациентов группы 2б хотя бы один из исследуемых тепловизионных критериев выявлены у 34 пациентов, у 98 пациентов тепловизионные критерии не обнаружены.

Для анализа полученных результатов по критериям « $\Delta T_{\text{Паз}} \geq 0,6^\circ$; $\Delta T_{\text{Пр}} / \Delta T_{\text{Лев}} \leq 0$ » создана таблица сопряжения 2х2 (табл. 6).

Рассчитаны:

— критерий согласия Пирсона $\chi^2 = 61,6$ (для степени свободы = 1 значение χ^2 для отклонения нулевой гипотезы об отсутствии разницы выборок равно 3,8);

— показатели предикторной значимости тепловизионного исследования по критериям « $\Delta T_{\text{Паз}} \geq 0,6^\circ$; $\Delta T_{\text{Пр}} / \Delta T_{\text{Лев}} \leq 0$ » (табл. 7).

Как видно из представленных результатов, оптимальными значениями тепловизионных критериев для выявления признаков острого синусита будет комплекс « $\Delta T_{\text{Паз}} \geq 0,5^\circ \text{C}$; $\Delta T_{\text{Пр}} / \Delta T_{\text{Лев}} \leq 0$ », обеспечивающие чувствительность 82% и специфичность 74% и диагностическую эффективность теста 78%.

Реализация системы автоматического выявления параназальных синуситов на комплексе медицинский программной обработки и анализа термограмм “TVision”

Полученные значения — $\Delta T_{\text{Паз}} \geq 0,5^\circ \text{C}$; $\Delta T_{\text{Пр}} / \Delta T_{\text{Лев}} \leq 0$ — введены в алгоритм автоматического выявления тепловизионных признаков параназальных синуситов медицинского комплекса программной обработки и анализа термограмм “TVision”.

Таблица 6
Таблица сопряжения сравниваемых признаков
по критериям « $\Delta T_{\text{Паз}} \geq 0,6^\circ$; $\Delta T_{\text{Пр}} / \Delta T_{\text{Лев}} \leq 0$ »

		Диагноз «острый риносинусит» подтвержден	
		да	нет
Тепловизионные критерии патологии	есть	123	34
	нет	50	98
Всего		173	132

Таблица 4
Таблица сопряжения сравниваемых признаков
по критериям « $\Delta T_{\text{Паз}} \geq 0,5^\circ$; $\Delta T_{\text{Пр}} / \Delta T_{\text{Лев}} \leq 0$ »

		Диагноз «острый риносинусит» подтвержден	
		да	нет
Тепловизионные критерии патологии	есть	142	34
	нет	31	98
Всего		173	132

Таблица 5
Показатели предикторной значимости
тепловизионного исследования
по критериям « $\Delta T_{\text{Паз}} \geq 0,5^\circ$; $\Delta T_{\text{Пр}} / \Delta T_{\text{Лев}} \leq 0$ »

Показатель	Значение	95% доверительный интервал	
Чувствительность (Se)	0,82	0,77	0,86
Специфичность (Sp)	0,74	0,68	0,79
Предсказательная ценность положительного результата (PPV)	0,81	0,76	0,84
Предсказательная ценность отрицательного результата (NPV)	0,76	0,69	0,81
Отношение правдоподобия положительного результата теста (PLR)	3,18	2,43	4,18
Отношение правдоподобия отрицательного результата теста (NLR)	0,24	0,17	0,33
Диагностическая эффективность теста (точность) (Acc)	0,78	0,73	0,83
Диагностическое отношение шансов (DOR)	13,2	7,6	22,8
Индекс Юдена (J)	0,56	0,45	0,65
Число пациентов, необходимое для диагностики (NND)	1,77	1,53	2,19

Работа комплекса по выявлению заболевания происходит следующим образом (время от момента регистрации пациента до получения обработанных результатов исследования не превышает 5–7 мин):

- регистрация пациента (рис. 5);
- съемка проекции «голова фронт»;
- запуск автоматической генерации протокола исследования;
- контроль полученных результатов в программе (рис. 6).
- печать и сохранение протокола исследования (рис. 7).

Этот же пациент представлен с результатами рентгенографии околоносовых пазух в качестве клинического примера (рис. 8).

Клинический пример пациента с отвергнутым диагнозом «острый синусит» и результатом автоматического анализа, свидетельствующим об отсутствии тепловизионных признаков патологии (рис. 9).

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Острый синусит — одна из наиболее частых причин обращений за медицинской помощью. По оценкам экспертов инцидентность ОС в популяции достигает 6–15%. Во многом это обусловлено масштабами распространенности острой респираторной вирусной инфекции (ОРВИ), играющей важную роль в возникновении ОС. Однако точные данные о частоте встречаемости ОС отсутствуют, поскольку речь идет только о зарегистрированных случаях заболевания — часть пациентов с легкой формой синусита не обращаются за медицинской помощью и, естественно, не учитываются в статистических отчетах [8].

Анализируя данные современной научной литературы по диагностике синуситов, необходимо отметить, что в настоящее время не существует единственного достоверного метода, который бы полностью характеризовал состояние ОНП, поэтому схема обследования пациентов

Таблица 7
Показатели предикторной значимости
тепловизионного исследования
по критериям « $\Delta T_{\text{паз}} \geq 0,6^\circ$; $\Delta T_{\text{пр}} / \Delta T_{\text{лев}} \leq 0$ »

Показатель	Значение	95% доверительный интервал	
Чувствительность (Se)	0,71	0,66	0,75
Специфичность (Sp)	0,74	0,68	0,8
Предсказательная ценность положительного результата (PPV)	0,78	0,72	0,82
Предсказательная ценность отрицательного результата (NPV)	0,66	0,58	0,69
Отношение правдоподобия положительного результата теста (PLR)	2,76	2,43	4,18
Отношение правдоподобия отрицательного результата теста (NLR)	0,38	0,3	0,49
Диагностическая эффективность теста (точность) (Acc)	0,72	0,66	0,77
Диагностическое отношение шансов (DOR)	7,1	4,1	12,2
Индекс Юдена (J)	0,45	0,31	0,52
Число пациентов, необходимое для диагностики (NND)	2,2	1,8	2,9

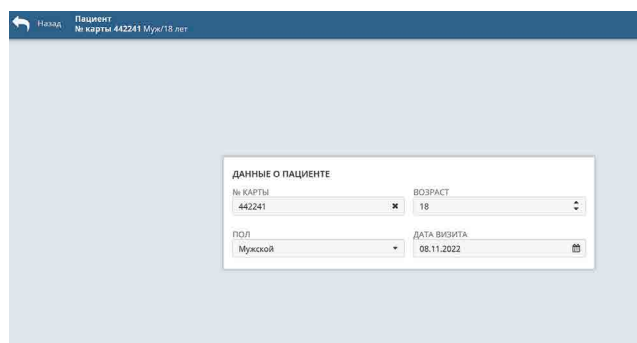
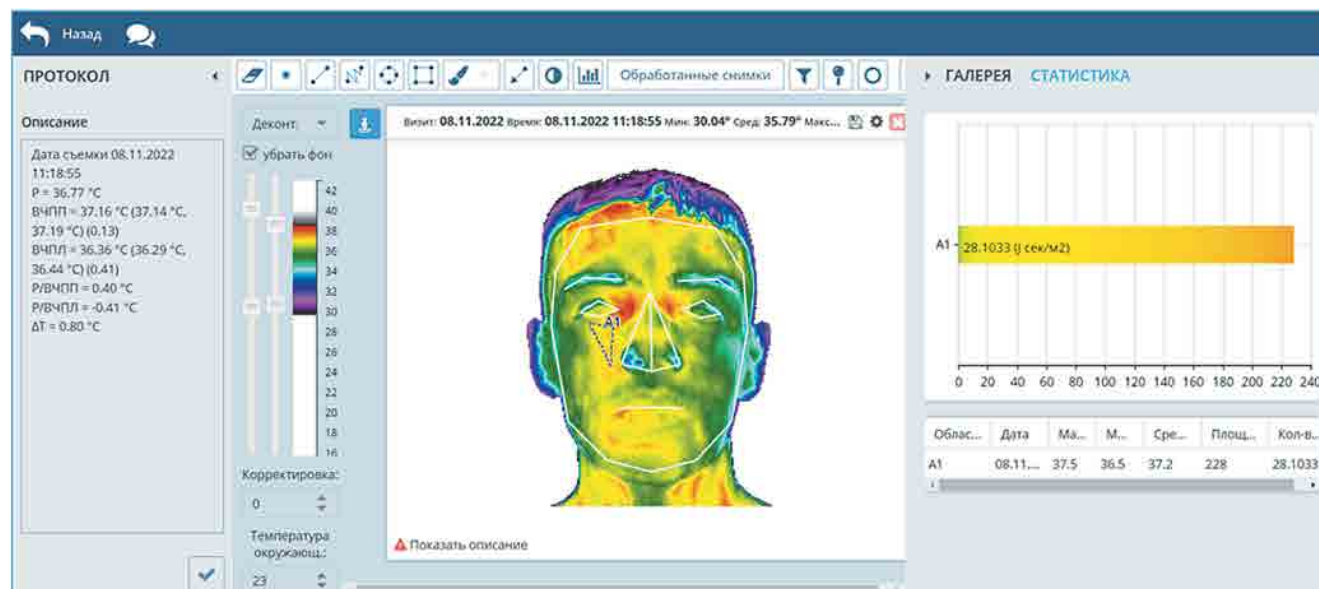


Рисунок 5. Интерфейс «окно регистрации»

Рисунок 6. Интерфейс «окно контроля и обработки результатов»



Медицинский комплекс программной обработки и анализа термограмм TVision
Регистрационное удостоверение № РЗН 2021/15932 от 02.08.2022

Протокол термографического обследования

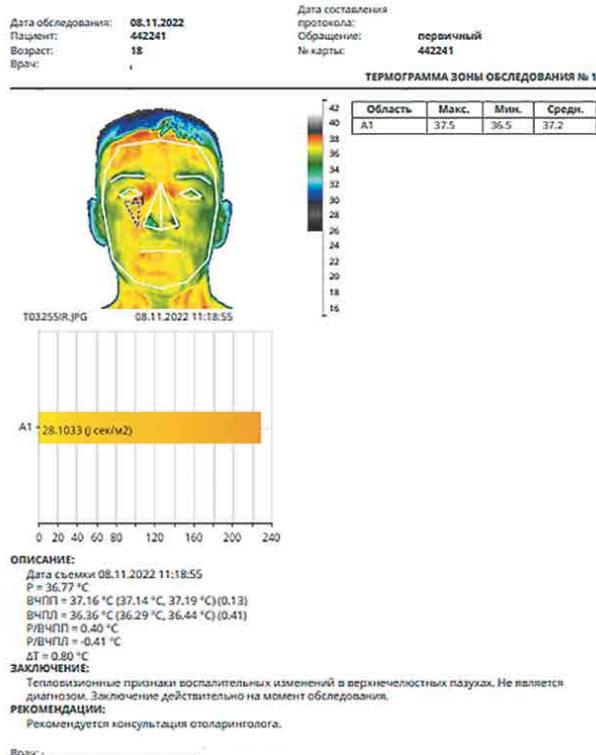
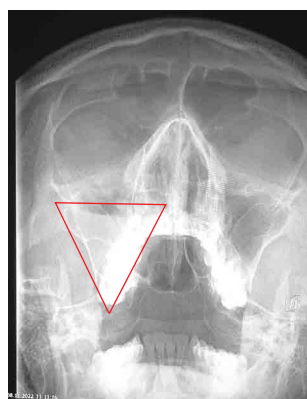


Рисунок 7. Автоматически сформированный протокол исследования

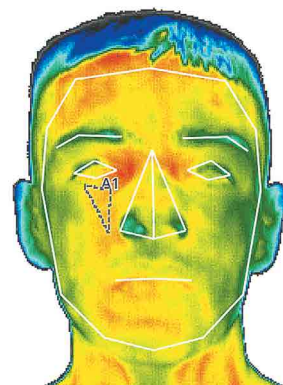
с ОРС должна включать обязательное проведение нескольких взаимодополняющих исследований, на основании результатов которых и будет базироваться постановка клинического диагноза [9].

И, даже при таком анализе, при наличии известных клинических критериев, в первичном звене правильный диагноз «острый риносинусит» выставляется чуть более, чем половине обратившихся пациентов [10], лишь около 30% больных направляется в специализированные учреждения в течение первых суток после появления признаков внутриорбитальных/внутричерепных осложнений [11].

Рисунок 8. Сопоставление результатов автоматического тепловизионного исследования и данных рентгенографии у пациента с ОРС. Пациент карта № 442241. 18 лет. Диагноз: острый риносинусит. Длительность заболевания (со слов пациента) — 3 дня



На цифровой рентгенограмме околоносовых пазух определяется: лобные пазухи развиты удовлетворительно, прозрачны. В правой верхнечелюстной пазухе определяется горизонтальный уровень жидкости, занимающий половину объема пазухи. В левой верхнечелюстной пазухе прозрачность сохранена. Красный треугольник — область патологии.



Tcp = 36.77 °C
ВЧП правая = 37.16 °C
ВЧП левая = 36.36 °C
Tcp/ВЧП правая = 0.40 °C
Tcp/ВЧП левая = -0.41 °C
|ΔTпаз| = 0.80 °C
Тепловизионные критерии острого синусита по показателям ΔTпаз ≥ 0,5 °C; ΔTпр/ ΔTлев ≤ 0
A1 — автоматически выделенная область патологии.

В связи с широкой распространенностью заболевания, с ОРС могут встретиться врачи любых специальностей, оказывающих первичную помощь, что, на фоне маловыраженной симптоматики, нередко наблюдаемой у обратившихся пациентов, особенно, взрослых [12], также может быть причиной трудностей с постановкой правильного диагноза [13].

Очевидно, что наличие инструментального метода, доступного в условиях оказания первичной помощи и не требующего длительного обучения и особых условий применения, могло бы оказать позитивное влияние на качество и своевременность диагностики [14].

Таким инструментальным методом вполне может быть медицинское тепловидение, поскольку создан и готов к практическому применению цифровой аналитический программный комплекс:

- как показано в настоящем исследовании, существуют количественные температурные показатели, использование которых позволяет эффективно (чувствительность — 82%, специфичность — 74%, диагностическая эффективность — 78%) выявлять тепловизионные признаки ОРС;

- критерии диагностики внедрены в алгоритмы автоматического анализа термограмм, что минимизирует влияние «человеческого фактора» при исследовании результатов при выявлении тепловизионных признаков заболевания;

- результаты оформляются протоколом, являющимся самостоятельным медицинским документом;

- тепловизионное исследование входит в номенклатуру медицинских услуг: «А24.08.001 Тепловизионная диагностика заболеваний носа и придаточных пазух» [15];

- поскольку тепловидение — метод пассивной локализации, у него принципиально нет противопоказаний и специальных требований к помещению для обследования;

- проводить исследования и анализировать результаты (в отсутствие специалиста по функциональной диагностике) могут врачи любой специальности [16].

Необходимо иметь в виду, что исследованные в работе тепловизионные признаки следует рассматривать в определенных контекстах, т.е., при наличии клиниче-



На цифровой рентгенограмме околоносовых пазух определяется: лобные пазухи развиты удовлетворительно, прозрачны. В правой верхнечелюстной пазухе определяется горизонтальный уровень жидкости, занимающий половину объема пазухи. В обеих верхнечелюстных пазухах прозрачность сохранена.



$T_{cp} = 34.73\text{ }^{\circ}\text{C}$
 $ВЧП\text{ правая} = 33.83\text{ }^{\circ}\text{C}$
 $ВЧП\text{ левая} = 34.01\text{ }^{\circ}\text{C}$
 $T_{cp}/ВЧП\text{ правая} = 0.90\text{ }^{\circ}\text{C}$
 $T_{cp}/ВЧП\text{ левая} = 0.72\text{ }^{\circ}\text{C}$
 $|\Delta T_{паз}| = 0.18\text{ }^{\circ}\text{C}$
 Тепловизионных критериев острого синусита по показателям $\Delta T_{паз} \geq 0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$; $\Delta T_{пр}/\Delta T_{лев} \leq 0$ не выявлено.

Рисунок 9. Сопоставление результатов автоматического тепловизионного исследования и данных рентгенографии у пациента с отвернутым диагнозом ОРС. Пациент карта № 442153. 20 лет. Диагноз: ОРВИ. Длительность заболевания (со слов пациента) — 5 дней

ских признаков заболевания, поскольку тепловизионные критерии не являются патогномичными и схожие показатели могут присутствовать у пациентов с другой нозологией (одонтогенный синусит, воспаления нервов, последствия травм и операций и т.д.).

Для клинической валидации метода требуется его тестирование специалистами первичного звена в реальной практике, а также дальнейшее наполнение базы данных в различных контингентах пациентов для уточнения показателей эффективности. Независимо от результатов, медицинское тепловидение не следует рассматривать как замену апробированным методам диагностики острых риносинуситов, но как систему помощи принятия решений для врачей первичного медицинского звена.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Технический прогресс в области медицинской тепловизионной техники вкупе с разработками в области программного обеспечения и искусственного интеллекта позволили создать автоматический программный комплекс тепловизионной диагностики острого риносинусита, работающий в «облачном» пространстве и полностью соответствующий современным тенденциям телемедицины.

Список литературы / References

1. Ibrahim A, Primakov S, Beuque M, Woodruff HC, Halilaj I, Wu G, Refaee T, Granzier R, Widaatalla Y, Hustinx R, Mottaghy FM, Lambin P. Radiomics for precision medicine: Current challenges, future prospects, and the proposal of a new framework. *Methods*. 2021 Apr;188:20–29. doi: 10.1016/j.ymeth.2020.05.022. Epub 2020 Jun 3. PMID: 32504782.
2. Розенфельд Л. Г., Ковалева Л. В., Козлова Е. Е., Колотилова Н. Н., Лихошерст Е. К. СПОСОБ ДИАГНОСТИКИ ПЕРЕДНИХ СИНУИТОВ // Патент России № 2033087, 1995 Method for diagnosis of frontal sinusitis. // Rosenfeld L. G., Kovaleva L. V., Kozlova E. E., Kolotilova N. N.
3. Ishimaru T, Ishimaru H. Thermography for the Diagnosis of Acute Inflammation in the Paranasal Sinus. *Int Arch Otorhinolaryngol*. 2020 Apr;24(2): e215–e220. doi: 10.1055/s-0039–1698778. Epub 2020 Jan 28. PMID: 32256844; PMCID: PMC6986953.
4. Kalaiarasi R, Vijayakumar C, Archana R, et al. (March 10, 2018) Role of Thermography in the Diagnosis of Chronic Sinusitis. *Cureus* 10(3): e2298. doi:10.7759/cureus.2298
5. Niedzielska I, Pawelec S, Puszczewicz Z. The employment of thermographic examinations in the diagnostics of diseases of the paranasal sinuses. *Dentomaxillofac Radiol*. 2017 Aug;46(6):20160367. doi: 10.1259/dmfr.20160367. Epub 2017 Aug 3. PMID: 28613936; PMCID: PMC5606276.
6. Приказ Министерства здравоохранения Российской Федерации от 8 июля 2022 года N 481н «Об утверждении стандарта первичной медико-санитарной помощи взрослым при остром синусите (диагностика и лечение) [Электронный источник] / <https://docs.cntd.ru/document/351504213> (дата обращения 05.05.2023)
7. Ammer K. The Glamorgan Protocol for recording and evaluation of thermal images of the human body. *Thermology international* 2008, 18: 125–144
8. Крюков А. И. Острый синусит: методические рекомендации / А. И. Крюков, Е. В. Носуля, Н. Л. Кунельская и др. Науч. исслед. клин. ин-т оториноларингологии им. Л. И. Свержевского — Москва, 2020—16 с. Kryukov A. I. Acute sinusitis: recommendations for diagnosis and treatment / A. I. Kryukov, E. V. Nosulya, N. L. Kunelskaya et al. *Scientific inst of otorhinolaryngology.-Moscow, Russia* — 2020
9. Шадыев Т. Х., Изотова Г. Н., Сединкин А. А. Острый синусит. *РМЖ*. 2013;11:567. Shadiev T. H., Isotova G. N., Sedinkin A. A. Acute sinusitis. *RMJ*, 2013;11:567.
10. Van Duijn NP, Brouwer HJ, Lamberts H. Use of symptoms and signs to diagnose maxillary sinusitis in general practice: comparison with ultrasonography. *BMJ* 1992;305: 684–7.
11. Дерюгина О. В., Чумаков Ф. И. Орбитальные и внутричерепные осложнения воспалительных заболеваний носа и околоносовых пазух у взрослых и детей. М.: МОНИКИ; 2001. Deryugina OV, Chumakov FI. Orbital and intracranial complications of inflammatory diseases of the nose and paranasal sinuses in adults and children. M.: MONIKI; 2001. (In Russ.).
12. Туrowsкий А. Б., Кондрашкина В. В. Острый бактериальный синусит. Проблемы и их решения. *РМЖ*. 2013;11:549. Turovskiy A. B., Kondrashkina V. V. Acute bacterial sinusitis. Problem and solutions. *RMJ*. 2013;11:549
13. Hawthorne, M. R., & Ahmad, N. (2010). Acute sinusitis: pitfalls in diagnosis and management. *Clinical Risk*, 16(6), 209–212. doi:10.1258/cr.2010.010052
14. Долгов И. М., Воловик М. Г., Железняк И. С., Ю. В. Карамышев, Карамышева А. А., Малаховский В. Н., Махновский А. И. Возможности медицинского тепловидения в организации первичной медико-санитарной помощи. *Медицинский алфавит*. 2023;(7):42–50. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2023-7-42-50>
15. Долгов И. М., Воловик М. Г., Железняк И. С., Карамышев Ю. В., Карамышева А. А., Малаховский В. Н., Махновский А. И. Possibilities of medical thermal imaging in the organization of primary health care. *Medical alphabet*. 2023;(7):42–50. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2023-7-42-50>
16. Приказ Министерства здравоохранения Российской Федерации от 13 октября 2017 года № 804н «Об утверждении номенклатуры медицинских услуг» [Электронный источник] / <https://docs.cntd.ru/document/542609980> (дата обращения 05.05.2023)
17. Приказ Министерства здравоохранения Российской Федерации от 26 декабря 2016 г № 997н «Об утверждении правил проведения функциональных исследований» [Электронный источник] / <https://docs.cntd.ru/document/420391931>

Сведения об авторах

Долгов Игорь Маратович, д.м.н., зам. Генерального директора¹, <https://orcid.org/0000-0002-5511-5679>

Карамышев Юрий Владимирович, адъюнкт, кафедра рентгенологии и радиологии с курсом ультразвуковой диагностики²

Железняк Игорь Сергеевич, доктор медицинских наук, профессор, начальник кафедры рентгенологии и радиологии с курсом ультразвуковой диагностики², <https://orcid.org/0000-0001-7383-512X>

Карамышева Ангелина Александровна, заместитель главного врача по медицинской части⁵

Махновский Андрей Иванович, к.м.н., заместитель главного врача по организации скорой медицинской помощи³; ассистент, кафедре скорой медицинской помощи⁴

Хрипковский Дмитрий Николаевич, технический директор¹

¹ ООО «Дигносис», Россия, г. Москва

² ФГБОУ ВО «Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова»

Министерства обороны Российской Федерации, Россия, г. Санкт-Петербург

³ ГБУ «Санкт-Петербургский НИИ скорой помощи им. И.И. Джанелидзе», Россия

⁴ ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова» Минздрава России, г. Санкт-Петербург

⁵ Спб ГБУЗ «Женская консультация № 44» Пушкинского района, Санкт-Петербург

Автор для переписки: Долгов Игорь Маратович

E-mail: dolgov@dnosys.com

About authors

Igor Maratovich Dolgov, MD, PhD, deputy director¹, <https://orcid.org/0000-0002-5511-5679>

Yuri Vladimirovich Karamyshev, Associate Professor Department of Rentgenology and Radiology with a Course in Ultrasound Diagnostics²

Igor Sergeevich Zheleznyak, M.D., PhD, Professor, Head of the Department of Rentgenology and Radiology with a Course in Ultrasound Diagnostics²

Angelina Aleksandrovna Karamysheva, Deputy Chief Physician for medical part⁵

Andrey Ivanovich Makhnovsky, M.D. Deputy Chief Physician of the for the organization of emergency medical care³, Assistant, Department of Emergency Medical Care⁴. <http://orcid.org/0000-0002-3164-1092>

Dmitrii Nikolaevich Khriupkovskiy, Technical director¹

¹ LLC 'Dignosys' Russia

² Military Medical Academy of the Ministry of Defense of the Russian Federation named after S.M. Kirov, Russia

³ State Budgetary Institution 'I.I. Dzhanelidze Saint Petersburg Research Institute of Emergency Medicine' Russia

⁴ North-Western State Medical University named after I. Mechnikov Ministry of Health of the Russian Federation

⁵ St. Petersburg State Budgetary Healthcare Institution «Women's Consultation clinic No. 44» of the Pushkin district of St. Petersburg

Corresponding author: Dolgov Igor Maratovich

E-mail: dolgov@dnosys.com

Статья поступила / Received 09.05.2023

Получена после рецензирования / Revised 11.05.2023

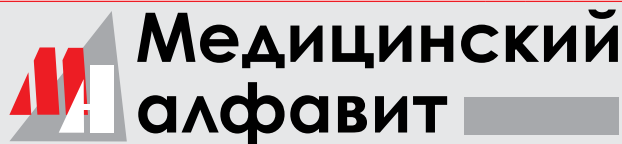
Принята в печать / Accepted 11.05.2023

Для цитирования: Долгов И.М., Ю.В. Карамышев, Железняк И.С., Карамышева А.А., Махновский А.И. Хрипковский Д.Н. Возможности тепловизионной диагностики острого риносинусита программными средствами в режиме автоматического анализа термограмм. Медицинский алфавит. 2023;(15):49–58. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2023-15-49-58>

For citation: Dolgov I. M., Zheleznyak I. S., Karamyshev Y. V., Karamysheva A. A., Makhnovsky A. I. Khriupkovskiy D. N. Advance Thermography diagnostics: automatic algorithm to find out acute sinusitis. Medical alphabet. 2023;(15):49–58. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2023-15-49-58>



БЛАНК-ЗАКАЗ на подписку на журнал 2023 год



Название организации (или Ф.И.О.) _____

Адрес (с почтовым индексом) _____

Телефон: _____ E-mail: _____ Контактное лицо: _____

«Медицинский алфавит». Серия «Современная функциональная диагностика»

Печатная версия 700 руб. за номер, электронная версия любого журнала — 500 руб. за номер.

Присылайте, пожалуйста, запрос на адрес medalfavit@mail.ru.

ООО «Альфмед»

ИНН 7716213348

Р/с № 40702810738090108773

ПАО «СБЕРБАНК РОССИИ» г. МОСКВА К/с 30101810400000000225 БИК 044525225

Годовая подписка на журнал «Медицинский алфавит». Серия «Современная функциональная диагностика» — 4 выпуска в год 2023. Цена 2800 руб. в год (печатная версия) или 2000 руб. (электронная версия).

Как подписаться

1. Оплатить квитанцию в любом отделении Сбербанка у кассира с получением кассового чека. Журналы высылаются, только если Вы прислали адрес доставки на электронную почту издательства. Отправить скан квитанции с кассовым чеком, выданным кассиром банка, на e-mail: medalfavit_pr@bk.ru или podpiska.ma@mail.ru.

2. Оплата через онлайн-банки издательством принимается только на сайте <https://medalfavit.ru/podpiska-na-zhurnaly/> в разделе «Издательство медицинской литературы».

