

Серии научно-практических рецензируемых журналов



Медицинский Алфавит

№ 32 / 2020

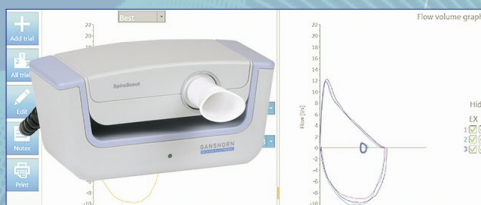
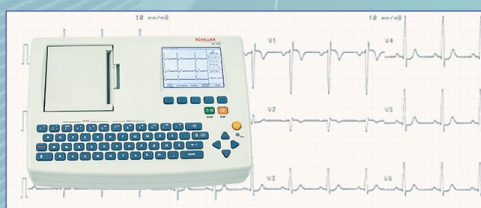


Modern Functional
DIAGNOSTICS

MEDICAL ALPHABET
Russian Professional Medical Journal

Современная ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ДИАГНОСТИКА (4)

РАСФД



14.01.04 Внутренние болезни

14.01.05 Кардиология

14.01.11 Нервные болезни

14.01.13 Лучевая диагностика,
лучевая терапия

14.01.25 Пульмонология

14.02.03 Общественное
здоровье
и здравоохранение



КОМПЛЕКС СУТОЧНОГО МОНИТОРИРОВАНИЯ ЭКГ И АД

СОЮЗ



Design by
DMS WORLD

- » мониторы для регистрации ЭКГ
- » мониторы для регистрации АД
- » мониторы для одновременной регистрации ЭКГ и АД

ДМС ПЕРЕДОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
РАЗРАБОТКА ■ ПРОИЗВОДСТВО ■ РЕАЛИЗАЦИЯ ■ СЕРВИС
7(499) 501-34-35, 7(495) 746-80-22, info@dms-at.ru, www.dms-at.ru

Медицинский алфавит №32/2020

Серия «Современная функциональная диагностика» №4
МА №32 (446)

www.medalfavit.ru

www.med-alphabet.com

Издатель: издательство медицинской литературы
ООО «Альфмед», тел.: (495) 616-48-00,
E-mail: medalfavit@mail.ru

Учредитель и главный редактор издательства
Т.В. Синица

Почтовый адрес: 129515, г. Москва, а/я 94

Адрес редакции: 129515, г. Москва, ул. Академика
Королева, д. 13, стр. 1, офис, 804 А

Главный редактор серии журналов
«Медицинский алфавит» А.С. Ермолов

Главный редактор серии «Современная
функциональная диагностика» журнала
«Медицинский алфавит» Н.Ф. Берестень

Объединенный редакционный совет журнала «Медицинский алфавит»

Акимкин Василий Геннадьевич, акад. РАН, д.м.н., проф.
Амхадова Малкан Абдурашидовна, д.м.н., проф.
Балан Вера Ефимовна, д.м.н., проф.
Барбараш Ольга Леонидовна, д.м.н., проф., чл.-корр. РАН
Брико Николай Иванович, д.м.н., проф.
Бутров Андрей Валерьевич, д.м.н., проф.
Вавилова Татьяна Владимировна, д.м.н., проф.
Голубев Валерий Леонидович, д.м.н., проф.
Громова Ольга Алексеевна, д.м.н., проф.
Данилов Алексей Борисович, д.м.н., проф.
Евдокимов Евгений Александрович, д.м.н., проф.
Ермолов Александр Сергеевич, д.м.н., проф.
Журавлева Марина Владимировна, д.м.н., проф.
Козлов Игорь Александрович, д.м.н., проф.
Королева Ирина Станиславовна, д.м.н., проф.
Крихели Наталья Ильинична, д.м.н., проф.
Круглова Лариса Сергеевна, д.м.н., проф.
Кузнецова Ирина Всеволодовна, д.м.н., проф.
Кулаков Анатолий Алексеевич, акад. РАН, д.м.н., проф.
Малеев Виктор Васильевич, акад. РАН, д.м.н., проф.
Мартынюк Тамара Витальевна, д.м.н., проф.
Михин Вадим Петрович, д.м.н., проф.
Оганов Рафаэль Гегамович, д.м.н., проф.
Орлова Наталья Васильевна, д.м.н., проф.
Остроумова Ольга Дмитриевна, д.м.н., проф.
Плавунко Николай Филиппович, д.м.н., проф.
Проценко Денис Николаевич, д.м.н., проф.
Покровский Вадим Валентинович, акад. РАН, д.м.н., проф.
Скоромец Александр Анисимович, акад. РАН, д.м.н., проф.
Стручков Петр Владимирович, д.м.н., проф.
Стрюк Раиса Ивановна, д.м.н., проф.
Улитовский Сергей Борисович, д.м.н., проф.
Ушаков Рафаэль Васильевич, д.м.н., проф.
Шилова Маргарита Викторовна, д.м.н., проф.
Шербо Сергей Николаевич, д.б.н., проф.
Эмануэль Владимир Леонидович, д.м.н., проф.

Руководитель отдела продвижения,
распространения и выставочной деятельности
Б.Б. Будович, medalfavit_pr@bk.ru

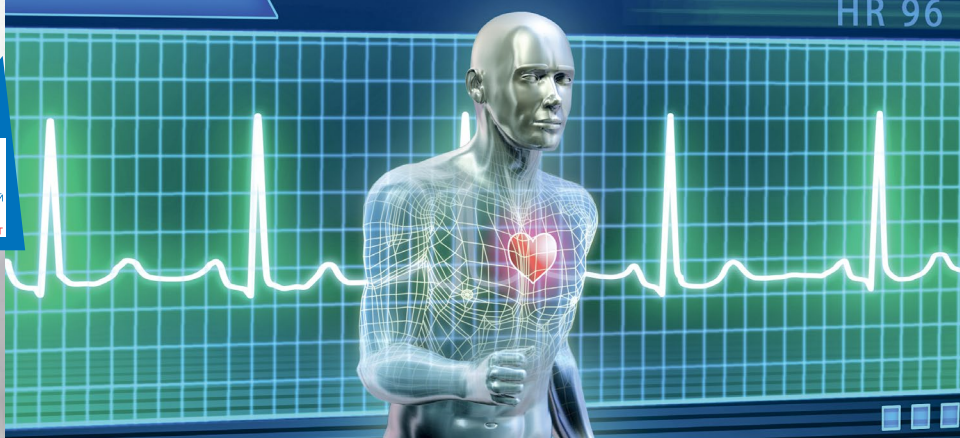
Редакция оставляет за собой право сокращения и стили-
стической правки текста без дополнительных согласований
с авторами. Мнение редакции может не совпадать с точкой
зрения авторов опубликованных материалов. Редакция не несет
ответственности за последствия, связанные с неправильным
использованием информации.

Журнал зарегистрирован Министерством РФ по делам печат-
ной теле- и радиовещания и средств массовых коммуникаций.
Рег. номер ПИ № 77-11514 от 04.01.2002.

Формат А4. Цена договорная.

При перепечатке ссылка на журнал «МА» обязательна.
За содержание рекламы ответственность несет рекламо-
датель. За достоверность сведений, изложенных в статьях,
ответственность несут авторы.

Подписан в печать 15 декабря 2020 года.



Содержание

- 8 Клиническое значение эхокардиографии у больных с COVID-19: систематический обзор
М.Н. Алёхин, С.И. Иванов, А.И. Степанова
- 14 Клинико-инструментальные методы диагностики хронической коронарной болезни сердца
С.Ю. Бартош-Зеленая
- 24 Значение показателей продольной деформации левого предсердия у пациентов
с хронической сердечной недостаточностью
М.Н. Алёхин, А.О. Калинин
- 30 Ошибки при проведении нагрузочного теста для диагностики ИБС: отрицательный
результат при наличии трехсосудистого поражения коронарных артерий
Л.А. Попова, Н.Л. Карпина, М.И. Чушкин, С.Ю. Мандрыкин, В.М. Янус, Н.В. Анохин,
П.В. Стручков
- 34 Интраоперационное моторное картирование: влияние общих анестетиков
на возбудимость коры
М.В. Александров, И.А. Костенко, О.А. Топоркова, Р.В. Назаров, М.М. Тастанбеков,
В.С. Черный
- 38 Трифазные волны на электроэнцефалограмме у пациентов с энцефалопатией и их
диагностическое значение. Обзор литературы
Е.А. Баранова, М.В. Синкин
- 45 Нейрофизиологические методы идентификации светочувствительности при
юношеской миоклонической эпилепсии (обзор)
К.В. Петров, Н.А. Шнайдер, Д.В. Дмитренко, Е.А. Народова, Р.Ф. Насырова
- 53 Образные сравнения и эпонимы в функциональной диагностике. Часть 3.
Ультразвуковое исследование сосудов и периферических нервных стволов
Н.В. Заикина, Л.В. Агафонова, М.П. Заикина
- 62 Термофотография кистей рук здорового человека как основа для тепловизионной
диагностики (нарративный обзор)
М.Г. Воловик, И.М. Долгов
- 70 Подписка

Contents

- 8 Clinical value of echocardiography in patients with COVID-19: a systematic review
M. N. Alekhin, S. I. Ivanov, A. I. Stepanova
- 14 Instrumental diagnostic methods for chronic coronary heart disease
S. Yu. Bartosh-Zelenaya
- 24 Value of indicators of longitudinal deformation of the left atrium in patients with chronic
heart failure
M. N. Alekhin, A. O. Kalinin
- 30 Errors during the exercise test for the diagnosis of Coronary heart disease: negative result
in the presence of three-vessel coronary artery disease
L. A. Popova, N. L. Karpina, M. I. Chushkin, S. Y. Mandrykin, V. M. Janus, N. V. Anokhin,
P. V. Struchkov
- 34 Intraoperative neurophysiological mapping: the effect of general anaesthetic impact on brain
cortex affectability
M. V. Aleksandrov, I. A. Kostenko, O. A. Toporkova, R. V. Nazarov, M. M. Tastanbekov, V. S. Chernyy
- 38 Triphasic waves on electroencephalogram in patients with encephalopathy and their diagnosis
significance. A review
E. A. Baranova, M. V. Sinkin
- 45 Neurophysiological methods of photosensitivity identification in juvenile myoclonic epilepsy (review)
K. V. Petrov, N. A. Shnayder, D. V. Dmitrenko, E. A. Narodova, R. F. Nasyrova
- 53 Figurative comparisons and eponyms in functional diagnostics. Part 3. Ultrasound
examination of blood vessels and peripheral nerves
N. V. Zaikina, L. V. Agafonova, M. P. Zaikina
- 64 Thermotography of the hands of a healthy person as a basis for thermal diagnosis (narrative review)
M. G. Volovik, I. M. Dolgov
- 70 Subscription

Редакционный совет



Главный редактор серии

Современная функциональная диагностика

Берестень Наталья Федоровна (г. Москва), д.м.н., проф., кафедры клинической физиологии и функциональной диагностики ФГБОУ ДПО образования (РМАНПО), президент РАСФД

Заместители главного редактора

Стручков Петр Владимирович (г. Москва), д.м.н., зав. каф. клинической физиологии и функциональной диагностики Академии постдипломного образования ФГБУ ФНКЦ ФМБА России, зав. ОФД КБ № 85 ФМБА России

Дроздов Дмитрий Владимирович (г. Москва) к.м.н., с.н.с. «Лаборатории медицинского приборостроения ФГАОУ ВО «Московский физико-технический институт (ГУ)»

Александров Михаил Всеволодович (С. Петербург), д.м.н., проф. Рос. НИИ нейрохирургии им. А.А. Поленова

Алехин Михаил Николаевич (г. Москва), д.м.н., проф., ФГБОУ ДПО ЦГМА Упр. делами Президента РФ

Бартош-Зеленая Светлана Юрьевна (г. С. Петербург), д.м.н., проф. каф. функциональной диагностики, ФГБОУ ВО «Северо-Западный ГМУ им. И.И. Мечникова» МЗ РФ

Гнездицкий Виктор Васильевич (г. Москва) д.б.н., проф., ФГБОУ ДПО РМАНПО

Зильбер Эльмира Курбановна (г. Калининград), д.м.н., проф. Балтийский федеральный университет им. И. Канта

Иванов Геннадий Георгиевич (г. Москва), д.м.н., проф. каф. госпитальной терапии РУДН

Иванов Лев Борисович (г. Москва), к.м.н., зав. диагностическим отделением ГБУЗ «ДКБ № 9 им. Г.Н. Сперанского ДЗ г. Москвы»

Каменева Марина Юрьевна (г. С. Петербург), д.м.н., ведущий н.с., ФГБОУ ВО «Первый Санкт-Петербургский ГМУ им. акад. И.П. Павлова» МЗ РФ

Кочмашева Валентина Викторовна (г. Екатеринбург), д.м.н., зав. кафедрой ультразвуковой диагностики УГМУ

Куликов Владимир Павлович (г. Барнаул), д.м.н., проф., зав. кафедрой патофизиологии, функциональной и ультразвуковой диагностики Алтайского ГМУ

Лукина Ольга Федоровна (г. Москва), д.м.н., проф. гл.н.с. ФННЦ ДГОИ им. Дмитрия Рогачева МЗ РФ

Макаров Леонид Михайлович (г. Москва), д.м.н., проф., президент РОХМИНЭ, рук. Центра синкопальных состояний и сердечных аритмий у детей и подростков ФМБА России

Нарциссова Галина Петровна (г. Новосибирск), д.м.н., ведущий н.с. ФГБУ «Сиб. ФБИЦ им. акад. Е.Н. Мешалкина» МЗ РФ

Новиков Владимир Игоревич (г. С. Петербург), д.м.н., проф., зав. каф. функциональной диагностики ФГБОУ ВО «Северо-Западный ГМУ им. И.И. Мечникова» МЗ РФ

Павлов Владимир Иванович (г. Москва), д.м.н., Московский НПЦ медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины

Пронина Виктория Петровна (г. Москва), к.м.н., ст.н.с. ОФД ГБУЗ МОНИКИ им. М.Ф. Владимирского

Рогоза Анатолий Николаевич (г. Москва), д.б.н., проф., рук. отдела новых методов диагностики Института клинической кардиологии им. А.А. Мясникова ФГБУ РКНПК МЗ РФ

Рябкина Галина Владимировна (г. Москва), д.м.н., проф., ведущий н.с. отдела новых методов диагностики Института Клинической Кардиологии им. А.А. Мясникова ФГБУ РКНПК МЗ РФ

Савенков Михаил Петрович (г. Москва), д.м.н., проф., зав. каф. Функциональной диагностики ГБОУ ВПО «РНИМУ им. Н.И. Пирогова»

Сандриков Валерий Александрович (г. Москва), д.м.н., проф., академик РАН, зав. кафедрой функциональной и ультразвуковой диагностики ГОУ ВПО «Первый МГМУ им. И.М. Сеченова»

Седов Всеволод Парисович (г. Москва), д.м.н., проф., проф. каф. лучевой диагностики ГОУ ВПО «Первый МГМУ им. И.М. Сеченова»

Селицкий Геннадий Вацлавович (г. Москва), д.м.н., проф., ФГБОУ ВО МГМСУ им. А.И. Евдокимова

Ткаченко Сергей Борисович (г. Москва), д.м.н., проф., член-корр. РАН, зав. каф. клинической физиологии и функциональной диагностики ФГБОУ ДПО РМАНПО

Терегулов Юрий Эмильевич (г. Казань), д.м.н., зав. каф. функциональной диагностики, главный внештатный специалист МЗ республики Татарстан по ФД

Тривоженко Александр Борисович (г. Томск), д.м.н., Сиб. ФНКЦ ФМБА России

Федорова Светлана Ивановна (г. Москва), к.м.н., проф. курса функциональной диагностики ФУВ ГБУЗ МО МОНИКИ им. М.Ф. Владимирского

Шнайдер Наталья Алексеевна (г. С. Петербург), д.м.н., проф., ведущий н.с. отделения персонализированной психиатрии и неврологии, ФГБУ «Нац. Мед.иссл. центр психиатрии и неврологии им. В.М. Бехтерева» МЗ РФ

Editorial Board

Editor-in-chief

Beresten N. F., MD, DMSci, professor

Deputy editor-in-chief

Struchkov P. V., MD, DMSci, professor

Drozdzov D. V., MD, PhD

Aleksandrov M. V., MD, DMSci, professor

Alekhin M. N., MD, DMSci, professor

Bartosh-Zelenaya S. Yu., MD, DMSci, professor

Gnezditsky V. V., Biology DMSci, professor

Zilber E. K., MD, DMSci, professor

Ivanov G. G., MD, DMSci, professor

Ivanov L. B., MD, PhD

Kameneva M. Yu., MD, DMSci

Kochmasheva V. V., MD, DMSci

Kulikov V. P., MD, DMSci, professor

Lukina O. F., MD, DMSci, professor

Makarov L. M., MD, DMSci, professor

Nartsisova G. P., MD, DMSci

Novikov V. I., MD, DMSci, professor

Pavlov V. I., MD, DMSci

Pronina V. P., MD, PhD

Rogozha A. N., Biology DMSci, professor

Rjabykina G. V., MD, DMSci, professor

Savenkov M. P., MD, DMSci, professor

Sandrikov V. A., MD, DMSci, professor, RASCI Corr. membe

Sedov V. P., MD, DMSci, professor

Selitsky G. V., D, DMSci, professor

Tkachenko S. B., MD, DMSci, professor

Teregulov Y. E., MD, DMSci

Trivozhenko A. B., MD, DMSci

Fedorova S. I., MD, PhD, professor

Shnayder N. A., MD, DMSci, professor

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

- 14.01.01 — Акушерство и гинекология (медицинские науки);
- 14.01.04 — Внутренние болезни (медицинские науки);
- 14.01.05 — Кардиология (медицинские науки);
- 14.01.06 — Психиатрия (медицинские науки);
- 14.01.10 — Кожные и венерические болезни (медицинские науки);
- 14.01.11 — Нервные болезни (медицинские науки);
- 14.01.12 — Онкология (медицинские науки);
- 14.01.13 — Лучевая диагностика, лучевая терапия (медицинские науки);
- 14.01.14 — Стоматология (медицинские науки);
- 14.01.17 — Хирургия (медицинские науки);
- 14.01.22 — Ревматология (медицинские науки);
- 14.01.25 — Пульмонология (медицинские науки);
- 14.01.28 — Гастроэнтерология (медицинские науки);

- 14.02.01 — Гигиена (медицинские науки);
- 14.02.02 — Эпидемиология (медицинские науки);
- 14.03.09 — Клиническая иммунология, аллергология (медицинские науки);
- 14.03.10 — Клиническая лабораторная диагностика (медицинские науки).

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

Для цитирования: Алехин М.Н., Иванов С.И., Степанова А.И., Клиническое значение эхокардиографии у больных с COVID-19: систематический обзор. Медицинский алфавит. 2020; (32):8-13. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2020-32-8-13>

For citation: Alekhin M. N., Ivanov S. I., Stepanova A. I. Clinical value of echocardiography in patients with COVID-19: a systematic review. Medical alphabet. 2020; (32):8-13. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2020-32-8-13>

20 лет

кафедре клинической физиологии и функциональной диагностики Академии постдипломного образования ФГБУ ФНКЦ ФМБА России

История кафедры начинается с 2000 г., когда Приказом ректора (в то время профессор Н. Т. Трубилин) Института повышения квалификации ФМБА России (ныне Академия ПДО ФНКЦ ФМБА России) был организован курс функциональной диагностики. Клинической базой курса стало отделение функциональной диагностики Клинической больницы №85 ФМБА России (в то время главный врач О. С. Цека, ныне Н. Л. Бондаренко). На курсе была начата подготовка врачей по циклам профессиональной переподготовки и общего усовершенствования. Первоначально на курсе работали 4 человека: заведующий курсом — доцент П. В. Стручков, заведующая учебной частью д.м.н. З. В. Воробьева, доцент А. В. Зубкова, ассистент С. А. Ярошук. К сожалению, в 2012 г. ушла из жизни профессор З. В. Воробьева, вся нагрузка по ведению учебного процесса легла на плечи доцента А. В. Зубковой. С первых лет существования курса сложилась основная научная тематика: разработка и внедрение методов раннего выявления заболеваний органов дыхания и кровообращения и оценка эффективности восстановительного лечения работников промышленных предприятий. Эта тема закрепились после проведенной в 2003 г. первой конференции ФМБА России по промышленному здравоохранению. В учебный процесс внедрялись новые циклы тематического усовершенствования: «Мониторирование холтеровское и артериального давления», «Ультразвуковое исследование сосудов», «Реография», «Клиническая электроэнцефалография», «Электрокардиография», «Эхокардиография». С 2004 г. на курсе было начато обучение среднего медицинского персонала по программам общего усовершенствования (216 часов) и специализации (ныне проф. переподготовка) (288 часов). В конце 2005 г. Приказом ректора (в то время профессор В. Д. Рева, ныне ректор Академии профессор А. В. Троицкий) курс был преобразован в кафедру клинической физиологии и функциональной диагностики. Заведующим кафедрой был назначен П. В. Стручков, защитивший в 2004 г. докторскую диссертацию. С этого же года на кафедре было начато обучение ординаторов. Приход ординаторов оживил научную работу на кафедре. Силами ординаторов проведено исследование работников непосредственно на предприятиях с использованием скрининговых методов выявления наиболее социально значимых заболеваний. Результаты были доложены на второй конференции ФМБА России по промышленному здравоохранению 24.11.2006 г. Исследования проводились совместно с кафедрами ведущих московских ВУЗов: кафедрой медицинской кибернетики и информатики, кафедрой биофизики Российского национального медицинского университета им. Н. И. Пирогова, кафедрой промышленного здравоохранения Института повышения квалификации ФМБА России и другими.

Большое внимание кафедрой уделялось организации и проведению научно-практических конференций ФМБА России по актуальным вопросам функциональной диагностики. Первая конференция прошла в 2007 г., далее ежегодно до 2010 г. включительно — в г. Москве на базе КБ №85 ФМБА России. С 2011 г. проводились выездные конференции: в 2011 г. в г. Железногорске Красноярского края на базе КБ №51 ФМБА России, в 2012 г. — в г. Большой Камень Приморского края на базе МСЧ №98 ФМБА России, в 2013 г. — в г. Заречный Пензенской области на базе МСЧ №59 ФМБА России., в 2016 г. в г. Томске с участием Сибирского ФНКЦ ФМБА России. С 2017 г. стали проводиться объединенные выездные конференции совместно с Российской ассоциацией специалистов функциональной диагностики: в г. Чебоксары (2017 г.), Екатеринбург (2018 г.), Волгограде (2019 г.).

В настоящий момент на кафедре работают 10 преподавателей, из них 6 докторов медицинских наук (3 со званием профессора), 3 доцента, 1 ст. преподаватель. За 20 лет на кафедре прошли обучение около 4 тысяч слушателей, проведено 14 выездных циклов, издано 14 учебно-методических пособий, 12 монографий, сделано более 400 докладов на конференциях разного уровня, включая международные, получено 7 патентов, защищено 10 диссертаций, из них 8 кандидатских и 2 докторские. С 2008 г. в учебной процессе на кафедре начато использование элементов дистанционного обучения. С сентября 2014 г. начал работать институтский портал дистанционного обучения на платформе Moodle. На портале размещены аудио-слайд-лекции, тестовые вопросы, регламентирующие документы, на нем проводится входное и промежуточное тестирование слушателей. Наполнение портала постоянно растет. Использование портала позволило сократить очное обучение на циклах подготовки врачей и медсестер. Последние годы в учебный процесс внедрены занятия на симуляторах, которые позволяет слушателям быстрее и эффективнее освоить методику эхокардиографии, приемы реанимации и интенсивной терапии. С 2017 года кафедра активно включилась в программу непрерывного медицинского образования. Разработаны циклы по 36 часов с полностью или частично дистанционным обучением.

В 2020 г. проведен первый цикл проф. переподготовки врачей по специальности «Ультразвуковая диагностика». В связи с пандемией коронавирусной инфекции отложено полностью дистанционное обучение теоретической части на циклах проф. переподготовки по функциональной и ультразвуковой диагностике, циклах общего усовершенствования врачей и среднего медицинского персонала, включая прием экзамена. Слушатели отметили сохранение высокого уровня преподавания. На сайте кафедры funcdiag.ru был создан раздел COVID-19, где размещалась актуальная информация по работе службы функциональной и ультразвуковой диагностики в условиях пандемии.

Сотрудники кафедры активно участвуют в республиканских профессиональных организациях, таких как Российская ассоциация специалистов функциональной диагностики, Российское общество холтеровского мониторирования и неинвазивной электрофизиологии, в работе журнала «Медицинский алфавит. Современная функциональная диагностика», являются членами оргкомитета профильных всероссийских конференций, принимали участие в подготовке профессионального стандарта врача функциональной диагностики и создания Национального руководства по функциональной диагностике (изд. «ГЭОТАР-медиа», М., 2019 г.).

Кафедра видит свои дальнейшие перспективы в совершенствовании учебного процесса, в первую очередь, развивая дистанционные формы обучения, проводя выездные циклы, семинары, вебинары и конференции, что позволит активно участвовать в процессе непрерывного образования врачей и среднего медицинского персонала, эффективнее решать задачи, стоящие перед современным здравоохранением.

Более подробная информация о кафедре представлена на сайте www.funcdiag.ru.

П. В. Стручков,
д.м.н., профессор,
зав. кафедрой клинической физиологии и функциональной
диагностики Академии постдипломного образования ФГБУ ФНКЦ
ФМБА России, зам. руководителя диагностической службы ФГБУЗ
КБ №85 ФМБА России.

XII Всероссийский научно-образовательный форум с международным участием «Медицинская диагностика — 2020»



С 16 по 18 сентября 2020 года в залах МВЦ «Крокус Экспо» (Московская область, МВЦ «Крокус Экспо», 3 павильон, 4 этаж, 20 зал) под руководством профессора Сергея Константиновича Тернового прошёл ежегодный XII Всероссийский научно-образовательный форум «Медицинская Диагностика — 2020»

Это первое медицинское мероприятие, которое состоялось в живом формате после пандемии, связанной с распространением коронавирусной инфекции!

В рамках Форума прошла XII Всероссийская научно-практическая конференция «Функциональная диагностика — 2020», где речь шла как о наиболее востребованных и широко используемых методах функциональной диагностики в кардиологии, ангиологии, пульмонологии, неврологии и других областях медицины, так и о новых, пока еще не нашедших широкого применения, технологиях. Известные специалисты во всех областях функциональной диагностики выступили с лекциями, провели мастер-классы с демонстрацией последних достижений науки и техники по актуальным проблемам функциональной диагностики.

Организаторами форума выступили: ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И. М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), ФГБУ «Российский научный центр рентгенорадиологии» Минздрава России, Московский научно-исследовательский онкологический институт имени П. А. Герцена, ФГБУ «Российский научный центр радиологии и хирургических технологий»

Минздрава России, ГБУЗ Московской области «Московский областной научно-исследовательский клинический институт им. М. Ф. Владимирского», Российская ассоциация специалистов ультразвуковой диагностики в медицине, Российское Общество Рентгенологов и Радиологов, Общество интервенционных онкорadiологов, Российская ассоциация маммологов, АНО «Национальный конгресс лучевых диагнозов», Российская ассоциация специалистов функциональной диагностики, Конгресс-оператор ООО «МЕДИ Экспо».

Согласно официальной статистике, в мероприятии приняли участие 3 034 участника из 14 стран, 211 городов, 71 субъекта Российской Федерации. В частности, участниками Конгресса «Радиология — 2020» стали 627 участников. Конференцию «Функциональная диагностика» посетили 489 участников, 692 человека стали участниками конференции «Наука и практика лабораторных исследований».

Наибольшее количество участников — жители Москвы и Московской области, Санкт-Петербурга, затем следуют Калужская и Ярославская области, Воронежская и Ростовская области, Краснодарский край, Самарская и Тульская области, Республики Татарстан и Чувашия.

Это отличный результат, который говорит о том, что для мероприятия такого рода — важная часть профессионального развития, ведь даже ограничительные меры не стали преградой!

Конференция решила такие задачи как осведомление о тенденциях развития специальности, выделение наиболее перспективных и важных направлений научных исследований, определе-

ние пути практической реализации результатов научных диагностических исследований. Это, безусловно, придало новый импульс для проведения технических разработок и внедрения новых перспективных направлений функциональной диагностики в работу всех медицинских организаций как амбулаторно-поликлинического, так и высокотехнологичного уровня.

XII Всероссийская научно-практическая конференция «Функциональная диагностика — 2020» получила подтверждение Комиссии по оценке соответствия учебных мероприятий и материалов для Непрерывного медицинского образования (НМО) и соответствует установленным требованиям Координационного совета по развитию непрерывного медицинского и фармацевтического образования Министерства здравоохранения Российской Федерации. Слушатели получают 12 кредитов.

Форум «Медицинская диагностика — 2020» поддержали ведущие медицинские и специализированные средства массовой информации: издательства Видар, Бионика Медиа, Радиология-пресс, Династия, Медицинский алфавит, Гэотар-Медиа, Медиа Сфера. В частности, модули мероприятия были опубликованы в журналах «Консилиум Медикум», «Российский вестник акушера-гинеколога», «Диагностика и онкотерапия», «Современная функциональная диагностика», «Терапия», «Ультразвуковая и функциональная диагностика», «Медицинская визуализация», «Радиология-практика». Также интерес проявили самые цитируемые медицинские интернет-ресурсы: порталы medvestnik.ru, remedium.ru, rmj.ru, vidal.ru.





НОВОЕ ИМЯ
ПРОВЕРЕННОЕ КАЧЕСТВО
ДОКАЗАННАЯ НАДЕЖНОСТЬ
НОВОЕ ПОКОЛЕНИЕ АППАРАТУРЫ
ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ФВД и КПНТ

VYNTUS



МЕДИЦИНСКИЕ СИСТЕМЫ

ОПТИМАЛЬНЫЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ КЛИНИК ЛЮБОГО МАСШТАБА

www.medsystems.ru

info@medsystems.ru

Клиническое значение эхокардиографии у больных с COVID-19: систематический обзор

М. Н. Алехин, д.м.н., профессор кафедры терапии, кардиологии и функциональной диагностики с курсом нефрологии¹, заведующий отделением функциональной диагностики²

С. И. Иванов, клинический аспирант кафедры терапии, кардиологии и функциональной диагностики с курсом нефрологии¹

А. И. Степанова, клинический аспирант кафедры терапии, кардиологии и функциональной диагностики с курсом нефрологии¹

¹ФГБУ ДПО «Центральная государственная медицинская академия» Управления делами Президента Российской Федерации, Москва, Россия

²ФГБУ «Центральная клиническая больница с поликлиникой» Управления делами Президента Российской Федерации, Москва, Россия

Clinical value of echocardiography in patients with COVID-19: a systematic review

M. N. Alekhin^{1,2}, S. I. Ivanov¹, A. I. Stepanova¹

¹Central State Medical Academy of the Administrative Department of the President of the Russian Federation, Moscow, Russia

²Central Clinical Hospital of the Presidential Administration of the Russian Federation, Moscow, Russia

Резюме

Систематический обзор посвящен оценке роли эхокардиографии в диагностике возможных сердечно-сосудистых осложнений у пациентов с COVID-19 — новым инфекционным заболеванием, недавно бросившем вызов мировому здравоохранению. Проанализированы результаты крупнейших доступных на текущий момент клинических исследований по заданной тематике из ведущих баз данных медицинской литературы. Представлена актуальная информация о выгодных преимуществах и возможных ограничениях использования эхокардиографии в условиях пандемии высококонтагиозного заболевания.

Ключевые слова: эхокардиография, COVID-19, миокардит, систематический обзор.

Summary

This systematic review is dedicated to the role of echocardiography in diagnostics of possible cardiovascular complications in patients with COVID-19, the emerging infectious disease that has recently challenged global healthcare. The results of the largest current available clinical studies on the given topic from the leading medical databases were analyzed. Up-to-date data about the beneficial advantages and possible limitations of the use of echocardiography in the highly contagious disease pandemic is provided.

Keywords: echocardiography, COVID-19, myocarditis, systematic review.

Введение

Пандемия новой коронавирусной инфекции COVID-19 привела к существенным изменениям повседневной клинической практики в течение очень короткого промежутка времени и по-прежнему остается серьезной угрозой здоровью и жизни населения многих стран мира. Широко обсуждается возможность развития второй волны этой инфекции в ряде стран. Хотя основной точкой приложения SARS-CoV-2 является дыхательная система, наиболее неблагоприятный прогноз наблюдается у пациентов с сердечно-сосудистыми факторами риска и имеющими сопутствующие заболевания [1]. Ведение таких пациентов предполагает широкое использование методов визуализации сердца и прежде всего эхокардиографии (ЭхоКГ), как наиболее распространенного и доступного среди этих методов. Однако, использование эхокардиографии у пациентов с установленной или подозреваемой COVID-19 имеет особенности и ограничения, которые были рекомендованы рядом профессиональных медицинских организаций некоторых стран [2–5]. Целью этих ограничений являлась защита персонала от заражения и внедрение мер по предотвращению дальнейшего распространения инфекции. Как правило, эти меры предусматривали применение эхокардиографии только по строгим показаниям, ограничивали использование развернутых и детальных протоколов эхокар-

диографического исследования в пользу коротких и быстрых для принятия решений зачастую непосредственно у постели пациента в пределах «горячей» зоны, нередко с привлечением персонала, обычно не выполняющего ЭхоКГ исследования, и с использованием переносных и даже карманных ультразвуковых сканеров. Несмотря на упомянутые ограничения, уже в первых сообщениях о клинических случаях COVID-19 было показано, что заболевание характеризуется широким спектром не только поражений легких, но и сердечно-сосудистой системы с развитием острой левожелудочковой или правожелудочковой недостаточности, миокардита, острого инфаркта миокарда, тромбоэмболии легочной артерии, синдрома такоцубо [6–8].

Целью этого обзора является установление клинического значения эхокардиографии у больных с COVID-19.

Методы

Формирование поискового запроса

Поиск данных литературы для этого систематического обзора был выполнен 4 июля 2020 года по материалам следующих баз данных медицинской литературы: Medical Literature Analysis and Retrieval System Online (Medline) и научной электронной библиотеки eLIBRARY.ru. Поиск в указанных базах данных медицинской литературы был выполнен с использова-

нием двух ключевых слов «echocardiography» и «COVID-19» в системе Pubmed при поиске в базе Medline и ключевых слов «COVID-19» и «эхокардиография» при поиске в научной электронной библиотеке eLIBRARY.ru.

Критерии включения в обзор

Критерии включения статей в обзор были следующие: оригинальные статьи (редакционные статьи, мнения, письма, клинические случаи, комментарии, ответы авторов и рекомендательные документы по порядку выполнения эхокардиографии в условиях COVID-19 в обзор не включались); статьи должны были включать результаты эхокардиографии у пациентов с COVID-19; статьи должны были включать данные, полученные у взрослых людей; статьи должны были быть опубликованы на английском или русском языке.

Последовательность анализа данных

Статьи, найденные по результатам поиска в указанных базах данных, выбирались в 3 этапа. На первом этапе анализировались названия статей. Статьи, не удовлетворяющие критериям включения в обзор, исключались. На втором этапе анализировались резюме тех статей, которые были включены в обзор на первом этапе. Вновь исключались статьи, не удовлетворяющие критериям включения. На третьем этапе анализировался полный текст тех статей, которые были включены в обзор по результатам первых двух этапов. Вновь исключались статьи, не удовлетворяющие критериям включения.

В базе данных Medline при поиске через PubMed были найдены 81 статья, удовлетворяющие условиям поиска, 58 статей были исключены из анализа после прочтения названия статей, 23 резюме статей были изучены, и после их прочтения были исключены еще 14 статей. Для изучения полного текста было включено 9 статей, и все они вошли в исследование. Одна статья была исключена из-за того, что она была написана на немецком языке, и две — на китайском.

В научной электронной библиотеке eLIBRARY.ru было найдено 13 статей, удовлетворяющих условиям поиска. 12 статей были исключены из анализа после прочтения названия статей, резюме 1 статьи было изучено и включено для изучения полного текста статьи, но при знакомстве с полным текстом статья была исключена из анализа. Таким образом, статьи из научной электронной библиотеки eLIBRARY.ru в анализ включены не были (рис. 1).

Результаты

Для итогового анализа было отобрано 9 оригинальных исследований из разных стран мира. Результаты анализа этих статей представлены в таблице.

В крупном международном проспективном исследовании Европейской ассоциации сердечно-сосудистой визуализации (EACVI), включившем 1216 пациентов (70% мужчины, средний возраст 62, 52–71 лет), были представлены возможные характерные эхокардиографические находки, присущие пациентам с подтвержденным диагнозом или с высокой вероятностью COVID-19 [9]. Большинство ЭхоКГ исследований (60%) были проведены в условиях отделения интенсивной терапии (ОИТ), у 26% пациентов в анамнезе были данные за предшествующее поражение сердца (ишемическая болезнь сердца, хроническая

сердечная недостаточность, поражения клапанов), у 37% в анамнезе была артериальная гипертензия, у 19% — сахарный диабет. ЭхоКГ проводили строго по показаниям — при подозрении на лево- (ЛЖ) или правожелудочковую (ПЖ) недостаточность, болях в грудной клетке, повышенных сердечных биомаркерах и т. д. Были обнаружены поражения левого желудочка (у 25,1% пациентов, в том числе новый инфаркт миокарда 3,0%, миокардит 2,9%, кардиомиопатия такоубо 1,6%) и правого желудочков (у 15,2% пациентов, в том числе легочная гипертензия 8,1%, D-форма ЛЖ 3,8%) различной степени тяжести, а также их сочетания. Поражения ПЖ были ассоциированы с более тяжелым течением инфекционного процесса, а поражения ЛЖ были малоспецифичны. Всего патологические изменения были найдены у 55% всех участников исследования, и у 46% пациентов без предшествующего анамнеза сердечно-сосудистых заболеваний. Данные эхокардиографии изменили тактику лечения у 33% пациентов. Авторы отметили необходимость четкого определения показаний для проведения ЭхоКГ в условиях пандемии, и главенствующую роль в этом отвели сердечным биомаркерам — высокочувствительному тропонину I и мозговому натрийуретическому пептиду (NT-proBNP).

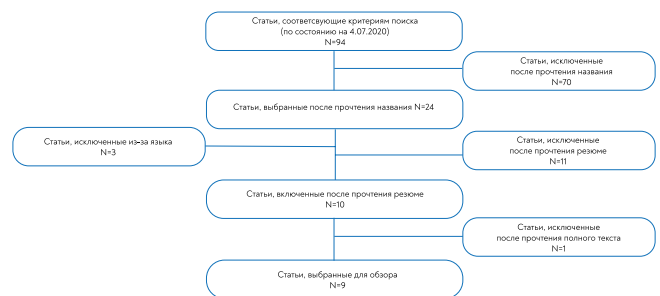


Рисунок 1. Диаграмма количества найденных статей и отобранных после использования критериев включения и исключения.

К подобным выводам пришли авторы американского исследования, в которое были включены 125 пациентов (60% мужчин, 64 ± 15 лет), 69% наблюдались в ОИТ [10]. Поражение ЛЖ было выявлено у 26% от всех включенных в исследование пациентов и у 48% пациентов с повышенным тропонином. У большей части повторно обследованных пациентов наблюдалось восстановление функции сердца. В работе из Германии при наблюдении за 123 пациентами с острым респираторным дистресс-синдромом (ОРДС) при COVID-19 (62,6% мужчины, 68 ± 15 лет) было продемонстрировано, что пациенты со сниженной фракцией выброса (ФВ) ЛЖ, нарушением функции ПЖ и трикуспидальной недостаточностью выше 1 степени имеют достоверно худшую 30-дневную выживаемость [11]. Повышенные уровни тропонина I и NT-proBNP также ассоциировались с худшим прогнозом. Авторы предположили, что дисфункция ПЖ и развитие трикуспидальной недостаточности может быть следствием COVID-19-индуцированного поражения легких и повышения давления в легочной артерии.

В ряде исследований указывается на высокую распространенность поражения правого желудочка при COVID-19. Так при обследовании 74 пациентов с COVID-19 пневмонией (78% мужчины, средний возраст 59 ± 13 лет), 82% из которых нуждались в искусственной вентиляции легких, были

Название статьи, авторы	Дата публикации, страна, ссылка (doi)	Тип оригинального исследования, тип ЭхоКГ (ТЭ, ЧПЭ и т.д.)	Материал — кол-во пациентов, кол-во (%) мужчин, средний возраст	
<i>Global evaluation of echocardiography in patients with COVID-19</i> Dweck M.R., Bularga A., Hahn R.T., Bing R., Lee K.K., Chapman A.R., White A., Salvo G.D., Sade L.E., Pearce K., Newby D.E., Popescu B.A., Donal E., Cosyns B., Edvardsen T., Mills N.L., Haugaa K.	18 июня 2020, 69 стран — EACVI онлайн, doi: 10.1093/ehjci/jeaa178	Проспективное международное исследование, ТЭ	1216 пациентов (70% мужчины), 62 (52–71) лет	
<i>Utilization and Appropriateness of Transthoracic Echocardiography in Response to the COVID-19 Pandemic</i> Ward R.P., Lee L., Ward T.J., Lang R.M.	Июнь 2020, Чикаго, США, doi: 10.1016/j.echo.2020.04.006	Ретроспективное исследование, ТЭ и «ограниченная» ТЭ	3642 пациента, за 2,5 мес.	
<i>Suspected myocardial injury in patients with COVID-19: Evidence from front-line clinical observation in Wuhan, China</i> Deng Q., Hu B., Zhang Y., Wang H., Zhou X., Hu W., Cheng Y., Yan J., Ping H., Zhou Q.	15 июля 2020, Ухань, Китай, doi: 10.1016/j.jicard.2020.03.087	Ретроспективное исследование, ТЭ	112 пациентов (50,9% мужчины), 65 (24–92) лет	
<i>Echocardiographic Findings in Patients With COVID-19 Pneumonia</i> Mahmoud-Elsayed H.M., Moody W.E., Bradlow W.M., Khan-Kheil A.M., Senior J., Hudsmith L.E., Steeds R.P.	28 мая 2020, Англия, doi: 10.1016/j.cjca.2020.05.030	Ретроспективное наблюдательное когортное исследование, ТЭ	74 пациента (78% мужчины), 59±13 лет	
<i>Impaired cardiac function is associated with mortality in patients with acute COVID-19 infection</i> Rath D., Petersen-Urbe Á., Avdiu A., Witzel K., Jaeger P., Zdanyte M., Heinzmann D., Tavlaki E., Müller K., Gawaz M.P.	14 июня 2020, Германия, doi: 10.1007/s00392-020-01683-0	Проспективное последовательное исследование, ТЭ	123 пациента всего (62,6% мужчины), 68±15 лет, ЭхоКГ выполнена у 98 (79,7%)	
<i>ST-Elevation Myocardial Infarction in Patients With COVID-19: Clinical and Angiographic Outcomes</i> Stefanini G.G., Montorfano M., Trabattini D., Andreini D., Ferrante G., Ancona M., Metra M. et al.	23 июня 2020, Италия, doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.120.047525	Ретроспективное исследование, ТЭ	28 пациентов (71,4% мужчины), 68±11 лет	
<i>Cardiovascular phenotypes in ventilated patients with COVID-19 acute respiratory distress syndrome</i> Evrard B., Goudelin M., Montmagnon N., Fedou A.L., Lafon T., Vignon P.	18 мая 2020, Франция, doi: 10.1186/s13054-020-02958-8	Ретроспективное исследование, ЧПЭ	18 пациентов с COVID-19 (67% мужчины), 70 (57–75) лет, контрольная группа — 23 пациента с гриппом 52% мужчины), 58 (49–64) лет	
<i>Echocardiographic Features of COVID-19 Illness and Association with Cardiac Biomarkers</i> Churchill T.W., Bertrand P.B., Bernard S., Namasivayam M., Churchill J., Crousillat D., Davis E.F., Hung J., Picard M.H.	28 мая 2020, США, doi: 10.1016/j.echo.2020.05.028	Ретроспективное исследование, ТЭ	125 пациентов (60% мужчины), 64±15 лет	
<i>Prognostic Value of Right Ventricular Longitudinal Strain in Patients With COVID-19</i> Li Y., Li H., Zhu S., Xie Y., Wang B., He L., Zhang D., Zhang Y., Yuan H., Wu C., Sun W., Zhang Y., Li M., Cui L., Cai Y., Wang J., Yang Y., Lv Q., Zhang L., Xie M.	28 апреля 2020, Ухань, Китай, doi: 10.1016/j.jcmg.2020.04.014	Ретроспективное наблюдательное исследование, ТЭ	120 пациентов (48% мужчины), 61±14 лет	

Примечание: ЭхоКГ — эхокардиография; ЛЖ — левый желудочек; ПЖ — правый желудочек; ТЭ — трансторакальная эхокардиография; ЧПЭ — чреспищеводная эхокардиография; ИВЛ — искусственная вентиляция легких; ФВ — фракция выброса; ЭКГ — электрокардиография;

Приложение 1

Таблица

Статьи, приводившие данные эхокардиографических исследований у пациентов с COVID-19 (данные от 04.07.2020)

COVID-19 (степень тяжести заболевания, исход: выписка с улучшением, смерть)	COVID-19 (кардиологические осложнения) — находки на ЭхоКГ	Существенные результаты, выводы исследования
У 813 подтвержденный диагноз, 298 с подозрением, 215 (18%) — легкого течения, 327 (28%) — среднего, 625 (54%) — тяжелого	У 667 (53%) нарушения ЭхоКГ: поражение ЛЖ (39%) — легкой (17%), средней (12%), тяжелой степени (9%), новый инфаркт миокарда (3%), миокардит (3%), синдром такоцубо (2%); поражение ПЖ (33%) — легкой и средней степени (19%), тяжелой степени (6%), дилатация (15%), легочная гипертензия (8%), тампонада (1%), эндокардит (1%)	У половины пациентов найдены нарушения функции сердца; у 33% изменено лечение из-за результатов ЭхоКГ; сердечные биомаркеры помогают в выборе, кому необходимо проведение ЭхоКГ
У всех подтвержден диагноз или с подозрением	В начале эпидемии — только у 13% пациентов проводилось «ограниченная» ТЭ, из 3275 исследований 88% были оправданными; с новым протоколом — снижение объема всех ЭхоКГ за неделю на 66%, рост доли «ограниченной» ТЭ с 12% до 28%, оправданные ЭхоКГ — рост с 87% до 96%	Стратегия более активного медицинского осмотра и более широкое использование «ограниченной» ТЭ может исключить ненужные исследования, сократить потребление средств индивидуальной защиты и минимизировать воздействие вируса на специалиста
Подтвержден диагноз, 2 группы — тяжелого и нетяжелого течения, исход — 37 пациентов выписаны, 31 переведены на ИВЛ, 14 умерли	У 6 пациентов выявлено снижение ФВ <50%, у 22 пациентов — малый перикардиальный выпот, у 15 — легочная гипертензия. Тропонин был повышен у 42 пациентов, у 32 пациентов — в 3 раза. У 14 (12,5%) пациентов были признаки миокардита	При ЭхоКГ и ЭКГ исследованиях не было выявлено явных признаков миокардита — его можно было заподозрить только по перикардиальному выпоту. Даже у пациентов с тяжелым поражением легких сердце было не затронуто — вирус напрямую не повреждает его. Повышение тропонина и NT-proBNP (вследствие системного и вторичного повреждения) — ассоциировано с летальным исходом
Подтвержден диагноз, 82% пациентов на ИВЛ, исход: 28 умерли (из них 14 с поражением ПЖ), 15 пациентов выписались	Выявлено снижение ФВ ЛЖ у 11% пациентов. Дилатация ПЖ у 41% пациентов, поражение ПЖ у 27%, эмболия легочной артерии у 20% пациентов	У пациентов с COVID-19 пневмонией и повышением тропонина распространены поражение и дилатация ПЖ, ассоциированные также с повышением D-димера и С-реактивного белка. Снижение радиальной систолической функции ПЖ при сохранении продольного укорочения. Связь поражения ПЖ с ИВЛ не доказана
Подтвержден диагноз, ОРДС, исход: 16 умерли в течении 30 дней — на ИВЛ. Всего 56 переведены в ОИТ, 49 — на ИВЛ, 6 — на ЭКМО	Пациенты со снижением ФВ ЛЖ, поражением ПЖ и трикуспидальной регургитацией (ТР) >1 степени достоверно имели выше смертность. Снижение ФВ ЛЖ с поражением ПЖ и отдельно ТР >1 ст. ассоциировались с худшей выживаемостью	Повышение кардиоспецифических ферментов ассоциировалось с худшим прогнозом. Поражение ПЖ может быть следствием COVID-индуцированного повреждения легких. Всем тяж. пациентам с COVID-19 требуется комплексная оценка функции сердца
Подтвержден диагноз, исход: 11 пациентов умерли, 16 выписались	У 23 пациентов были выявлены нарушения локальной сократимости, у 3 пациентов — диффузная гипокинезия, у 17 — снижение ФВ <50%	24 пациента поступали с ОКСиНТ — COVID-19 выявили позже, у 17 провели реваскуляризацию, у 11 (39,3%) пациентов — коронарное русло без значимых стенозов — влияние вируса? Авторы расценили ОКСиНТ как первое клиническое проявление COVID-19
Сравнение клинической картины ОРДС с ИВЛ при COVID-19 и гриппе, исход: умерли 1 и 9 пациентов соответственно	Частота выявления ЛЖ недостаточности у пациентов с COVID-19 и гриппом — 17% по сравнению с 61%, острого легочного сердца — 17% по сравнению с 48%, тяжелого острого легочного сердца — 5,5% по сравнению с 35%, у пациентов с гриппом были ниже сердечный индекс, показатели ПЖ	У пациентов с COVID-19 частота выявления ЛЖ и ПЖ недостаточности была ниже, чем у пациентов с гриппом. Однако в контр. группе (с гриппом) было больше тяжелых пациентов — у 10 был выявлен сепсис, и в исследовании представлена малая выборка
Подтвержден диагноз, 68% находились в ОИТ, 60% на ИВЛ	Выявлено снижение ФВ у 22% пациентов, нарушения локальной сократимости у 14% — всего у 26% нарушения функции ЛЖ. 24 (48%) пациента с повышенным тропонином (≥ 50 нг/л) имели дисфункцию ЛЖ	Дисфункция ЛЖ довольно распространена среди пациентов с COVID-19 (выявлена у 26%), однако авторы рекомендуют не использовать скрининг ЭхоКГ у всей популяции больных с COVID-19
Подтвержден диагноз, исход: 18 пациентов умерли в течение 51 дня	Снижение показателей ПСД свободной стенки ПЖ, фракции изменения площади ПЖ и систолической экскурсии трикуспидального кольца были значимыми предикторами высокого риска смертности. ПСД ПЖ превосходил в этом другие показатели. Пороговое значение ПСД ПЖ составило — 23% для прогнозирования исхода (площадь под кривой 0,87, чувствительность 94,4%, специфичность 64,7%)	ПСД свободной стенки ПЖ — мощный и независимый предиктор высокой смертности у пациентов с COVID-19, имеет дополнительную предсказательную ценность и должен быть включен в стратификацию риска у этих пациентов

ОРДС — острый респираторный дистресс-синдром; ОИТ — отделение интенсивной терапии; ПСД — продольная систолическая деформация; ЭКМО — экстракорпоральная мембранная оксигенация; ОКСиНТ — острый коронарный синдром с подъемом сегмента ST электрокардиограммы.

обнаружены дилатация ПЖ у 41 % пациентов, снижение функции ПЖ, оцениваемое по фракции изменения его площади (FAC), у 27 %, в то время как функция ЛЖ у значительной части пациентов (89 %) была не снижена [12]. Дисфункция ПЖ ассоциировалась с повышением D-димера и С-реактивного белка, и у 20 % пациентов была связана с тромбоэмболией легочной артерии, на основании чего авторы сделали вывод, что ЭхоКГ может помочь в выборе тех пациентов, которым может быть показана антикоагулянтная терапия. Исследователи отмечают, что у многих пациентов сохранена радиальная систолическая функция, но снижена продольная. Также у многих пациентов отмечался признак МакКоннелла, при котором регистрировался выраженный гипокинез или акинез свободной стенки ПЖ с нормальной сократимостью верхушки.

Использование современных перспективных эхокардиографических методик, позволяющих достоверно выявлять ранние доклинические нарушения функции сердца, может оказаться полезным при COVID-19. Еще одним их достоинством, особенно в условиях пандемии высококонтагиозного инфекционного заболевания, является возможность выполнения части измерений в режиме offline, отсутствие необходимости длительного нахождения специалиста возле потенциально опасного пациента. Данный тезис был доказан китайскими учеными, которые оценивали продольную систолическую деформацию (ПСД) свободной стенки ПЖ с помощью speckle-tracking ЭхоКГ у 120 пациентов с подтвержденным диагнозом (48 % мужчины, средний возраст 61 ± 14 лет) [13]. Было установлено, что снижение показателей ПСД ПЖ, FAC ПЖ и систолической экскурсии трикуспидального кольца (TAPSE) достоверно ассоциировались с более высокой смертностью, а ПСД превосходила другие параметры в прогнозировании неблагоприятного исхода — пороговое значение для выявления высокого риска смерти составило — 23 % (площадь под кривой AUC 0,87, чувствительность 94,4 %, специфичность 64,7 %). Таким образом, авторы представили независимый и доступный дополнительный эхокардиографический предиктор высокой смертности для пациентов с COVID-19.

В литературе, посвященной проблеме поражения сердечно-сосудистой системы при COVID-19, особое внимание уделяется такому понятию, как «острое повреждение миокарда» [14]. Под этот термин попадают как описанные случаи острого инфаркта миокарда вследствие тромбоза коронарных артерий [15], так и не столь многочисленные проявления острого и даже фульминантного вирусного миокардита [16, 17]. В первом случае, значение эхокардиографии очевидно и не поддается сомнению — это выявление новых нарушений локальной сократимости, оценка показателей сократительной функции ЛЖ. Но следует признать, что роль ЭхоКГ в диагностике такой патологии, как острый миокардит при COVID-19, довольно скромна. В представленных единичных случаях описаны неспецифические эхокардиографические признаки — снижение ФВ, диффузная гипокинезия сегментов ЛЖ, выпот в полости перикарда, однако решающее слово остается за магнитно-резонансной томографией и биопсией миокарда. Из 112 пациентов, включенных в ретроспективное исследование в Китае, у 14 (12,5 %) были возможные признаки миокардита — у 10 из них также были выявлены неспецифические изменения на ЭхоКГ, в основном, согласно авторам, незначительный выпот [18].

Уже имеющиеся клинические данные о паттернах поражения сердца при COVID-19 позволяют сконцентрировать внимание специалиста на конкретных задачах, экономя время исследования и тем самым уменьшая риск заражения. Эту мысль хорошо подтверждает исследование из США, в котором была показана динамика применения стандартной трансторакальной ЭхоКГ и протокола «ограниченной» методики в условиях пандемии COVID-19 [19]. Введение нового протокола свело к минимуму число ненужных процедур, снизило потребление средств индивидуальной защиты и риск для исследователей.

В заключение следует отметить, что разумное использование эхокардиографии у пациентов с COVID-19 не просто оправданно и рекомендовано, а в определенных ситуациях необходимо. Безусловно, ЭхоКГ требуется выполнять не всем новым больным с подтвержденным диагнозом, а входящим в категории высокого риска поражения сердечно-сосудистой системы, лицам с повышенными значениями кардиоспецифических ферментов. Также исследование должно быть быстрым и целенаправленным, способным дать максимум полезной информации о текущем функциональном состоянии сердца, возможном прогнозе пациента.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы:

- Li B., Yang J., Zhao F., Zhi L., Wang X., Liu L., Bi Z., Zhao Y. Prevalence and impact of cardiovascular metabolic disease on COVID-19 in China. *Clin Res Cardiol.* 2020;109(5):531–538. doi: 10.1007/s00392-020-01626-9.
- Skulstad H., Cosyns B., Popescu B. A., et al. COVID-19 pandemic and cardiac imaging: EACVI recommendations on precautions, indications, prioritization, and protection for patients and healthcare personnel. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging.* 2020;21(6):592–598. doi: 10.1093/ehjci/jeaa072.
- Kirkpatrick J. N., Mitchell C., Taub C., Kort S., Hung J., Swaminathan M. ASE Statement on Protection of Patients and Echocardiography Service Providers During the 2019 Novel Coronavirus Outbreak: Endorsed by the American College of Cardiology. *J Am Soc Echocardiogr.* 2020;33(6):648–653. doi: 10.1016/j.echo.2020.04.001.
- Wahi S., Thomas L., Stanton T., et al. CSANZ Imaging Council Position Statement on Echocardiography Services During the COVID-19 Pandemic. *Heart Lung Circ.* 2020;29(6):e78–e83. doi: 10.1016/j.hlc.2020.04.003.
- Sattarzadeh Badkoubeh R., Almassi N., Moshkani Farahani M., et al. The Iranian Society of Echocardiography (ISE) Statement on Performing Echocardiography During the COVID-19 Pandemic. *Curr Probl Cardiol.* 2020;45(8):100620. doi: 10.1016/j.cpcardiol.2020.100620.
- Hu H., Ma F., Wei X., Fang Y. Coronavirus fulminant myocarditis saved with glucocorticoid and human immunoglobulin. *Eur Heart J.* 2020; ehaa190. doi: 10.1093/eurheartj/ehaa190.
- Bangalore S., Sharma M. H. A., Slotwiner A., Yatskar L., Harari R., Shah B., Ibrahim H., Friedman G. H., Thompson C., Alviar C. L., Chadow H. L., Fishman G. I., Reynolds H. R., Keller N., Hochman J. S. ST-Segment Elevation in Patients with Covid-19 — A Case Series. *N Engl J Med.* 2020;382(25):2478–2480. doi: 10.1056/NEJMc2009020.
- Meyer P., Degrauwe S., Delden C. V., Ghadri J. R., Templin C. Typical takotsubo syndrome triggered by SARS-CoV-2 infection. *Eur Heart J.* 2020;41(19):1860. doi: 10.1093/eurheartj/ehaa306.
- Dweck M. R., Bularga A., Hahn R. T., Bing R., Lee K. K., Chapman A. R., White A., Salvo G. D., Sade L. E., Pearce K., Newby D. E., Popescu B. A., Donal E., Cosyns B., Edvardsen T., Mills N. L., Haugaa K. Global evaluation of echocardiography in patients with COVID-19. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging.* 2020; jeaa178. doi: 10.1093/ehjci/jeaa178.
- Churchill T. W., Bertrand P. B., Bernard S., Namasivayam M., Churchill J., Crousillat D., Davis E. F., Hung J., Picard M. H. Echocardiographic Features of COVID-19 Illness and Association with Cardiac Biomarkers. *J Am Soc Echocardiogr.* 2020; S0894–7317 (20) 30335–7. doi: 10.1016/j.echo.2020.05.028.
- Rath D., Petersen-Urbe A., Avdiu A., Witzel K., Jaeger P., Zdanys M., Heinzmann D., Tavlaki E., Müller K., Gawaz M. P. Impaired cardiac function is associated with mortality in patients with acute COVID-19 infection. *Clin Res Cardiol.* 2020;1–9. doi: 10.1007/s00392-020-01683-0.
- Mahmoud-Elseyed H. M., Moody W. E., Bradlow W. M., Khan-Kheil A. M., Senior J., Hudsmith L. E., Steeds R. P. Echocardiographic Findings in Patients With COVID-19 Pneumonia. *Can J Cardiol.* 2020; S0828–282X(20)30509-2. doi: 10.1016/j.cjcc.2020.05.030.
- Li Y., Li H., Zhu S., Xie Y., Wang B., He L., Zhang D., Zhang Y., Yuan H., Wu C., Sun W., Zhang Y., Li M., Cui L., Cai Y., Wang J., Yang Y., Lv Q., Zhang L., Xie M.

Prognostic Value of Right Ventricular Longitudinal Strain in Patients With COVID-19. JACC Cardiovasc Imaging. 2020; S1936–878X(20)30342–9. doi: 10.1016/j.jcmg.2020.04.014.

14. Kogan E. A., Berezovskiy Yu. S., Blagova O. V., Kukleva A. D., Bogacheva G. A., Kurilina E. V., Kalinin D. V., Bagdasaryan T. R., Semyonova L. A., Gretsov E. M., Ergeshov A. E., Fomin V. V. Myocarditis in Patients with COVID-19 Confirmed by Immunohistochemical. Kardiologiya. 2020;60(7):4–10. [Russian: Kogan E. A., Berezovskiy Yu. S., Blagova O. V., Kukleva A. D., Bogacheva G. A., Kurilina E. V., Kalinin D. V., Bagdasaryan T. R., Semyonova L. A., Gretsov E. M., Fomin V. V. Миокардит у пациентов с COVID-19, подтвержденный результатами иммуногистохимического исследования. Кардиология. 2020;60(7):4–10.]
15. Stefanini G. G., Montorfano M., Trabattini D., Andreini D., Ferrante G., Ancona M., Meira M., Curello S., Maffeo D., Pero G., Caccucci M., Assanelli E., Bellini B., Russo F., Ielasi A., Tespili M., Danzi G. B., Vandoni P., Bollati M., Barbieri L., Oreglia J., Lettieri C., Cremonesi A., Carugo S., Reimers B., Condorelli G., Chieffo A. ST-Elevation Myocardial Infarction in Patients With COVID-19: Clinical and

Angiographic Outcomes. Circulation. 2020;141(25):2113–2116. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.120.047525.

16. Irabien-Ortiz A., Carreras-Mora J., Sionis A., Pàmies J., Tauron M. Fulminant myocarditis due to COVID-19. Rev Esp Cardiol (Engl Ed). 2020;73(6):503–504. doi: 10.1016/j.rec.2020.04.005.
17. Zeng J. H., Liu Y. X., Yuan J., Wang F. X., Wu W. B., Li J. X., Wang L. F., Gao H., Wang Y., Dong C. F., Li Y. J., Xie X. J., Feng C., Liu L. First case of COVID-19 complicated with fulminant myocarditis: a case report and insights. Infection. 2020;1–5. doi: 10.1007/s15010-020-01424-5.
18. Deng Q., Hu B., Zhang Y., Wang H., Zhou X., Hu W., Cheng Y., Yan J., Ping H., Zhou Q. Suspected myocardial injury in patients with COVID-19: Evidence from front-line clinical observation in Wuhan, China. Int J Cardiol. 2020;311:116–121. doi: 10.1016/j.ijcard.2020.03.087.
19. Ward R. P., Lee L., Ward T. J., Lang R. M. Utilization and Appropriateness of Transthoracic Echocardiography in Response to the COVID-19 Pandemic. J Am Soc Echocardiogr. 2020;33(6):690–691. doi: 10.1016/j.echo.2020.04.006.

Для цитирования: Алехин М. Н., Иванов С. И., Степанова А. И., Клиническое значение эхокардиографии у больных с COVID-19: систематический обзор. Медицинский алфавит. 2020; (32):8–13. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2020-32-8-13>

For citation: Alekhin M. N., Ivanov S. I., Stepanova A. I. Clinical value of echocardiography in patients with COVID-19: a systematic review. Medical alphabet. 2020; (32):8–13. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2020-32-8-13>



Поздравляем с юбилеем! Льву Борисовичу Иванову — 80 лет!

Врачам функциональной диагностики, работающим в нейрофизиологических кабинетах отделений функциональной диагностики в поликлиниках и стационарах, хорошо известно имя кандидата медицинских наук Льва Борисовича Иванова, прежде всего, по его книгам «Лекции по практической реографии, 1991», «Прикладная компьютерная электроэнцефалография, 2004», «Распознавание артефактов ЭЭГ, 2007», «Неэпилептическая электроэнцефалография, 2013», а так же и по статьям в медицинских журналах.

Но, для нас, участников различных комиссий, членов редколлегий и редсовета журнала «Медицинский алфавит. Современная функциональная диагностика» и оргкомитетов различных научно-практических конференций, Лев Борисович является незаменимым и особенным человеком, с мнением которого считаются все.

Лев Борисович родился в 7 октября 1940 года в г. Москва. Он — выпускник педиатрического факультета Второго Московского государственного медицинского института им. Н. И. Пирогова, по распределению оказался «первым детским хирургом» в городе Великий Устюг. Этот период для него был полон новых открытий, приведших и к первым научным исследованиям. Он продолжил исследования в аспирантуре по детской хирургии в Московский НИИ педиатрии и детской хирургии, что позволило ему в 1971 году успешно защитить кандидатскую

диссертацию на тему «Клинико-электроэнцефалографические параллели при черепно-мозговой травме у детей». До 1990 года он был научным сотрудником в отделе нейротравматологии НИИ педиатрии и детской хирургии. Именно в это время, он, детский хирург, активно изучал и самостоятельно проводил исследования в области клинической нейро- и патофизиологии кровообращения у детей с хирургической патологией и тяжелыми расстройствами в условиях операционного и реанимационного отделений. Результаты были изложены в 150 статьях, опубликованных в центральной печати.

В 1990-м году Лев Борисович организовал и возглавил диагностическое отделение в консультативно-диагностической поликлинике при Детской городской клинической больнице №9 им. Г. Н. Сперанского г. Москвы (сегодня консультативно-диагностический центр) где он и работает по сей день. С переходом на практическую работу Львом Борисовичем были написаны 9 монографий, а также он принял участие в работе над «Национальным руководством по функциональной диагностике, 2019» и над учебником «Электроэнцефалография, 2020».

Лев Борисович активно передает свои знания молодым специалистам, как очно, так и в формате «онлайн», читает лекции на вебинарах, организованных РАСФД и ДЗМ. Он является членом аттестационной комиссии по функциональной диагностике ДЗМ,



членом оргкомитетов научно-практических конференций и Форумов «Медицинская диагностика», а так же и научно-практических конференций по нейрофизиологии и функциональной диагностике.

Мы поздравляем Льва Борисовича Иванова с юбилеем и желаем долгой, сверкающей различными гранями, словно драгоценные камни, интересной и увлекательной жизни, в которой будет место новым открытиям и новым свершениям.

От имени всех членов РАСФД и всех специалистов функциональной диагностики — примите наши поздравления, Лев Борисович!

**Н. Ф. Берестень,
президент РАСФД.**



Клинико-инструментальные методы диагностики хронической коронарной болезни сердца

С. Ю. Бартош-Зеленая

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Северо-западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова»

Instrumental diagnostic methods for chronic coronary heart disease

S. Yu. Bartosh-Zelenaya

North-western state medical university named after I.I. Mechnikov

Резюме

Обзор содержит современные представления о способах диагностики разнообразных сценариев, которые в настоящее время классифицируются как хронический коронарный синдром и связаны с различными рисками для последующих сердечно-сосудистых событий. Рассмотрена оценка предтестовой вероятности, и детерминанты, усиливающие и уменьшающие возможность диагностики коронарной болезни сердца. Обсуждена необходимость и последовательность применения как простых инструментальных методов исследования диагностики хронической коронарной болезни (электрокардиография, суточное мониторирование электрокардиограммы, электрокардиографический тест с нагрузкой, эхокардиография), так и более сложных, требующих специально подготовленного персонала и современной аппаратуры (стресс-эхокардиография, компьютерная томография коронарных артерий и инвазивная коронароангиография). Представлен рекомендованный современный диагностический алгоритм у симптомных пациентов с подозрением на коронарную болезнь сердца.

Ключевые слова: коронарная болезнь сердца, хронические коронарные синдромы, электрокардиография, эхокардиография, стресс-эхокардиография, компьютерная томография коронарных артерий, инвазивная коронароангиография, фракционный резерв кровотока.

Summary

The review provides modern insights into methods for identifying a variety of scenarios that are currently classified as chronic coronary syndrome and involve different risks for subsequent cardiovascular events. The assessment of pre-test probability and determinants that enhance and reduce the possibility of diagnosing coronary heart disease are considered. The necessity and sequence of application of both simple instrumental methods of diagnostics of chronic coronary disease (electrocardiography, ambulatory electrocardiogram monitoring, exercise electrocardiogram, echocardiography) and more complex ones requiring specially trained personnel and modern equipment (stress echocardiography, computed tomography and invasive coronary angiography) are discussed. The recommended modern diagnostic algorithm in symptomatic patients with suspected coronary heart disease is presented.

Keywords: coronary artery disease, chronic coronary syndromes, electrocardiography, echocardiography, exercise electrocardiogram, stress-echocardiography, computed tomography angiography, invasive coronary angiography, fractional flow reserve.

Введение

Диагноз «грудная жаба» был впервые озвучен английским врачом Уильямом Геберденом в 1768 году на собрании медиков в Лондоне, и долгое время имел официальный медицинский статус. Позднее, в 1962 году комитетом экспертов ВОЗ был предложен термин «ишемическая болезнь сердца». Ишемическая болезнь сердца (ИБС) — это состояние, при котором в участке сердца нарушается кровоснабжение, вследствие чего возникает несоответствие между потребностями миокарда в кислороде и питательных веществах, переносимых кровью, с одной стороны, и уровнем коронарного кровотока, и количеством поступающего с кровью кислорода — с другой стороны. Несомненно, что ИБС — понятие собирательное. Оно объединяет как острые, так и хронические патологические состояния, в основе которых лежат ишемия и вызванные ею изменения

миокарда (дистрофия, склероз, некроз), в тех случаях, когда ишемия обусловлена сужением просвета коронарных артерий, этиологически связанных с атеросклерозом. Заболевание может иметь длительные стабильные периоды, но также может стать нестабильным в любое время, как правило, вследствие острого тромбоза, связанного с разрывом или эрозией атеросклеротической бляшки. Тем не менее, болезнь чаще хроническая и имеет прогрессирующий характер. Динамическая природа ИБС приводит к разным клиническим сценариям, которые удобно классифицировать как острые и хронические коронарные синдромы [1].

Патологические состояния, обусловленные ишемией миокарда вследствие неатеросклеротического поражения венечных артерий (при ревматических заболеваниях, септическом эндокардите, амилоидозе, травмах и опухолях сердца, кардиомиопатии) или имеющие

своим следствием ишемию некоронарного генеза (при стенозе устья аорты, недостаточности аортального клапана), к ИБС не относятся и рассматриваются как вторичные синдромы в рамках других нозологических форм.

В настоящее время, внедрение современных методов лечения ИБС привело к тому, что у многих пациентов после проведенной реваскуляризации, как правило, отсутствует ишемия, при этом коронарная болезнь сердца (КБС) у них осталась. На основании этого, в 2019 году на Европейском конгрессе кардиологов (ESC, 2019) в Париже впервые по аналогии с острым коронарным синдромом (ОКС) прозвучал термин «хронические коронарные синдромы» и вышли рекомендации Европейской ассоциации кардиологов по диагностике и лечению хронических коронарных синдромов, где представлены различные сценарии/группы хронического коронарного синдрома:

- 1 группа — пациенты с установленной КБС и стабильным болевым синдромом и/или одышкой;
- 2 группа — пациенты с впервые возникшей сердечной недостаточностью или дисфункцией левого желудочка и подозрением на КБС;
- 3 группа — стабильные симптомные и бессимптомные пациенты, у которых прошло <1 года после ОКС или с недавней реваскуляризацией;
- 4 группа — стабильные симптомные и бессимптомные пациенты, у которых прошло >1 года после установки диагноза или реваскуляризации;
- 5 группа — пациенты с болевым синдромом и подозрением на вазоспастическую стенокардию или микроваскулярную болезнь;
- 6 группа — бессимптомные пациенты, у которых КБС установлена при скрининге.

тий может уменьшиться, как следствие успешной вторичной профилактики и реваскуляризации. Таким образом, на настоящий момент в рекомендациях (ESC, 2019) отмечено, что хронические коронарные синдромы определяются различными эволюционными периодами течения ИБС, исключая развитие острого коронарного синдрома.

Рассматривая инструментальную диагностику стабильной ИБС или хронических коронарных синдромов следует выделить как простые методы исследования — электрокардиография (ЭКГ), суточное мониторирование ЭКГ, рентгенография органов грудной клетки, эхокардиография (ЭхоКГ), так и более сложные, требующие специально подготовленного персонала и современной аппаратуры.

Электрокардиография

На ЭКГ покоя у пациентов с ИБС может не быть никаких изменений.

ИБС, такие как ранее перенесенный ИМ (зубцы Q, QS), неспецифические нарушения процессов реполяризации миокарда (депрессия сегмента ST, зубец T сглажен, отрицательный).

Суточное мониторирование ЭКГ

Амбулаторное суточное (Холтеровское) мониторирование ЭКГ не является методом первого выбора и верификации хронической КБС. Однако этот метод обследования необходимо применять у пациентов с болью в грудной клетке и подозрением на аритмии (IC). Суточное мониторирование ЭКГ в 12-ти отведениях, также желательно проводить у пациентов с подозрением на вазоспастическую стенокардию (IIaC), (табл. 2).

С помощью амбулаторного мониторирования ЭКГ можно выявить признаки безболевого ишемии миокарда у пациентов с хронической КБС, но, как правило, это редко добавляет

Таблица 1

Показания к проведению ЭКГ покоя у пациентов с подозрением на коронарную болезнь сердца (ESC, 2019)

Рекомендации	Класс	Уровень
ЭКГ в 12 отведениях рекомендуется у всех пациентов с болью в грудной клетке без явной несердечной причины	I	C
ЭКГ в 12 отведениях рекомендуется у всех пациентов во время или сразу после эпизода стенокардии, что предположительно является показателем клинической нестабильности КБС	I	C
Изменения сегмента ST, зарегистрированные во время наджелудочковых тахикардий не должны быть использованы в качестве доказательства КБС	III	C

Примечание: КБС- коронарная болезнь сердца, ЭКГ — электрокардиограмма.

Таблица 2

Показания к проведению амбулаторного (суточного) мониторирования ЭКГ у пациентов с подозрением на коронарную болезнь сердца (ESC, 2019)

Рекомендации	Класс	Уровень
Амбулаторное мониторирование ЭКГ рекомендуется у пациентов с болью в грудной клетке и подозрением на аритмии	I	C
Амбулаторное мониторирование ЭКГ желательно в 12-ти отведениях, следует рассмотреть у пациентов с подозрением на вазоспастическую стенокардию	IIa	C
Амбулаторное мониторирование ЭКГ не рекомендовано использовать в качестве рутинного обследования у пациентов с подозрением на хроническую КБС	III	C

Примечание: КБС- коронарная болезнь сердца, ЭКГ — электрокардиограмма.

Все эти сценарии классифицируются как хронический коронарный синдром, но связаны с различными рисками для последующих сердечно-сосудистых событий, и риск со временем может измениться. Острый коронарный синдром может осложнить течение каждого из клинических сценариев. Риск сердечно-сосудистых событий также может увеличиться при неэффективно контролируемых факторах риска, неоптимальной модификации образа жизни и медикаментозной терапии, или неудачной реваскуляризации. В то же время риск сердечно-сосудистых собы-

Согласно рекомендациям (ESC, 2019), ЭКГ в покое необходимо проводить у всех пациентов с болью в грудной клетке без явной несердечной причины (IC), а также по возможности, следует регистрировать ЭКГ во время приступа или сразу после приступа стенокардии (IC), (табл. 1). При этом, изменения сегмента ST, зарегистрированные в период возникновения наджелудочковых тахикардий, не должны быть использованы в качестве доказательства у пациента КБС (III). В то же время, на ЭКГ в покое могут быть выявлены известные признаки хронической

соответствующую диагностическую или прогностическую информацию, которая не может быть получена при стресс-тестировании [2].

Рентгенография

Рентгенография органов грудной клетки рекомендуется для пациентов с нетипичными проявлениями, признаками и симптомами сердечной недостаточности или подозрением на заболевание легких (IC) (табл. 3).

Рентгенография органов грудной клетки у больных хронической КБС не имеет диагностического значения

Таблица 4
Изменения в показаниях к проведению ЭКГ теста с нагрузкой

ESC 2013	Класс	ESC 2019	Класс
ЭКГ с нагрузкой рекомендуется в качестве первоначального теста для установления диагноза стабильной ИБС у пациентов с симптомами стенокардии и промежуточной предстенокардической вероятностью (15–65%), без антиишемических препаратов, если нет изменений на ЭКГ, которые делают ЭКГ не оцениваемой	I	ЭКГ с нагрузкой рекомендуется для оценки толерантности к нагрузкам, симптомов, аритмии, реакции артериального давления и риска событий	I
ЭКГ с нагрузкой следует учитывать у пациентов, находящихся на лечении для оценки динамики симптомов и ишемии	IIa	ЭКГ с физической нагрузкой можно рассматривать как альтернативный тест для исключения КБС, когда другие неинвазивные или инвазивные методы недоступны	IIb
		ЭКГ с нагрузкой можно рассматривать у пациентов на лечении, для оценки клинических симптомов и ишемии	IIb

Примечание: КБС- коронарная болезнь сердца, ЭКГ — электрокардиограмма.

и не позволяет стратифицировать риск. Однако, выявление при обследовании кардиомегалии, застоя крови в легких и кальциноза структур сердца имеет прогностическое значение.

Электрокардиографический тест с нагрузкой

Нагрузочная ЭКГ у больных ИБС имеет низкую чувствительность, ограниченные возможности метода, следовательно, в качестве теста выбора первой линии рекомендуется проведение неинвазивного визуализирующего стресс-теста [1, 3; 4]. Однако, в настоящее время ЭКГ-тесты могут рассматриваться в качестве альтернативы диагно-

стики ИБС, если тесты с визуализацией недоступны в лечебном учреждении, принимая во внимание все риски ложноотрицательных и ложноположительных результатов теста [4].

Следует отметить, что стресс-ЭКГ с физической нагрузкой не имеет диагностической ценности у пациентов с исходными изменениями на ЭКГ, которые препятствуют интерпретации изменений сегмента ST во время нагрузки (т.е. полная блокада левой ножки п. Гиса, синдром Вольфа-Паркинсона-Уайта, постинфарктные изменения в виде QS и др.).

Однако, ЭКГ тест с нагрузкой может предоставить дополнительную

клинически полезную информацию, помимо изменений на ЭКГ, и ценную прогностическую информацию. Согласно Европейским рекомендациям (ESC, 2019) применение ЭКГ с физической нагрузкой может быть рассмотрено у отдельных пациентов, чтобы дополнить клиническую картину для оценки симптомов, изменений сегмента ST, толерантности к физической нагрузке, возникновения аритмий, реакции артериального давления и риска развития событий (табл. 4). Так, у пациента Л., 56 лет с жалобами на одышку и перебои в сердце, возникающие при физической нагрузке при проведении велоэргометрии были выявлены следующие изменения: низкая толерантность к ФН (75 Вт, 1 минута), клинические симптомы (выраженная одышка)

Таблица 3
Показания к проведению рентгенографии органов грудной клетки (ESC, 2019)

Рекомендации	Класс	Уровень
Рентгенография грудной клетки рекомендуется для пациентов с нетипичными проявлениями, признаками и симптомами СН или подозрением на заболевание легких	I	C

Примечание: СН — сердечная недостаточность.

и ЭКГ-изменения в виде желудочковой экстрасистолии, в том числе по типу бигемии (рис. 1). В последующем, при коронарографии выявлено многососудистое поражение коронарных артерий.

Эхокардиография

В настоящее время, ЭхоКГ покоя рекомендуется как первоначальный диагностический тест у пациентов с подозрением на КБС (ESC, 2019). ЭхоКГ- исследование предоставляет важную информацию о функции и анатомии сердца. Фракция выброса (ФВ) левого желудочка (ЛЖ) часто является нормальной у пациентов с КБС [5]. Снижение глобальной функции ЛЖ и/или выявление нарушений локального движения стенок может предполагать ишемическое повреждение миокарда. Визуальная оценка нарушений локальной сократимости может быть затрудне-

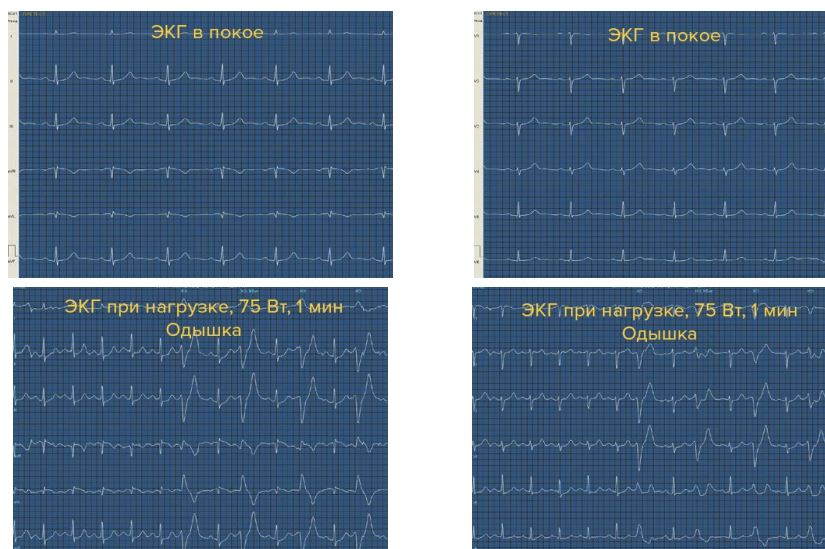


Рисунок 1. Электрокардиограмма пациента Л., 56 лет при ЭКГ-нагрузочном тестировании (описания по тексту).

на, в связи с этим использование методов деформации может быть полезным у пациентов с явно нормальной функцией ЛЖ и сохранной ФВ, но с клиническим подозрением на КБС [6]. Вне всякого сомнения, снижение диастолической функции ЛЖ, является ранним признаком ишемической дисфункции миокарда и может также указывать на микрососудистую дисфункцию [7]. В наши дни, эхокардиография является важным инструментом для исключения альтернативных причин боли в грудной клетке, а также помогает в диагностике сопутствующих заболеваний сердца, таких как пороки сердца, сердечная недостаточность, кардиомиопатии.

В таблице 5 представлены показания к диагностическому тесту у пациентов с подозрением на хроническую КБС соответствии с рекомендациями ESC (2019).

Итак, наиболее доступный в клинической практике метод, такой как трансторакальная ЭхоКГ рекомендовано проводить, в первую очередь, для исключения альтернативных причин стенокардии. На рис. 2 представлены ЭКГ и ЭхоКГ-данные пациентки П., 50 лет с жалобами на одышку, дискомфорт за грудиной. Диагноз ИБС пациентке поставлен на основании клинических симптомов и данных ЭКГ. Однако на ЭхоКГ покоя визуализируется выраженная симметричная гипертрофия стенок ЛЖ, как вариант гипертрофической кардиомиопатии без обструкции в покое. В данном случае, относительная коронарная недостаточность может быть связана с отставанием развития сосудистой системы миокарда от увеличения его массы, связанного с гипертрофией ЛЖ.

На ЭхоКГ покоя возможна визуализация регионального нарушения движения стенок, наводящая на мысль о КБС у пациента (рис. 3, слева), и в связи с этим необходимо определиться с бальной оценкой сократимости того или иного сегмента (рис. 3 справа). Сегментарное кровоснабжение ЛЖ представлено на схеме 1 [8] в соответствии с международными рекомендациями [9; 10; 11]. На ЭхоКГ покоя можно визуализировать осложнения хронической КБС, например, постинфарктная аневризма ЛЖ (рис. 5). Несмотря на то, что в недавних европейских рекоменда-

циях [10], не рекомендовалось проводить отдельную классификацию в зависимости от присутствия аневризмы, в рекомендациях ASE (2020) отмечено, что ее наличие следует указывать, когда она очевидна, из-за прогностических и терапевтических последствий. В рекомендациях ASE (2020) предложено следующее сегментарное обозначение:

- Нормокинезия или гиперкинезия = 1 (систолическое увеличение толщины >50 %);
- Гипокинезия = 2 (<40 %);
- Тяжелая гипокинезия или акинезия = 3 (систолическое утолщение <10 %);

- Дискинезия (парадоксальное систолическое движение) = 4;
- Аневризма (диастолическая деформация) = 5 (рис. 3, справа).

Для характеристики объема поражения ЛЖ рассчитывают индекс локальной сократимости (ИЛС), который получается путем деления суммы баллов отдельных сегментов на количество визуализируемых сегментов: $ИЛС = \text{Сумма баллов} / \text{Число оцененных сегментов}$. С этой же целью используется такой показатель, как площадь пораженного миокарда (ППМ). Она рассчитывается как доля площади пораженного миокарда, выраженная

Таблица 5
Показания к диагностическому тесту у пациентов с подозрением на хроническую коронарную болезнь сердца (ESC, 2019)

Рекомендации	Класс	Уровень
Трансторакальная ЭхоКГ в состоянии покоя рекомендуется всем пациентам для: (1) исключения альтернативных причин стенокардии; (2) идентификации регионального нарушения движения стенок, наводящего на мысль о КБС; (3) измерения фракции выброса левого желудочка с целью стратификации риска; (4) оценки диастолической функции	I	B
УЗИ сонных артерий должно рассматриваться, и выполняться адекватно для выявления бляшек у пациентов с подозрением на хроническую КБС без известного атеросклеротического заболевания.	IIa	C
MPT может рассматриваться у пациентов с неокончательным эхокардиографическим исследованием	IIb	C

Примечание: КБС — коронарная болезнь сердца, УЗИ — ультразвуковое исследование сонных артерий, МРТ — магнитно-резонансная томография.

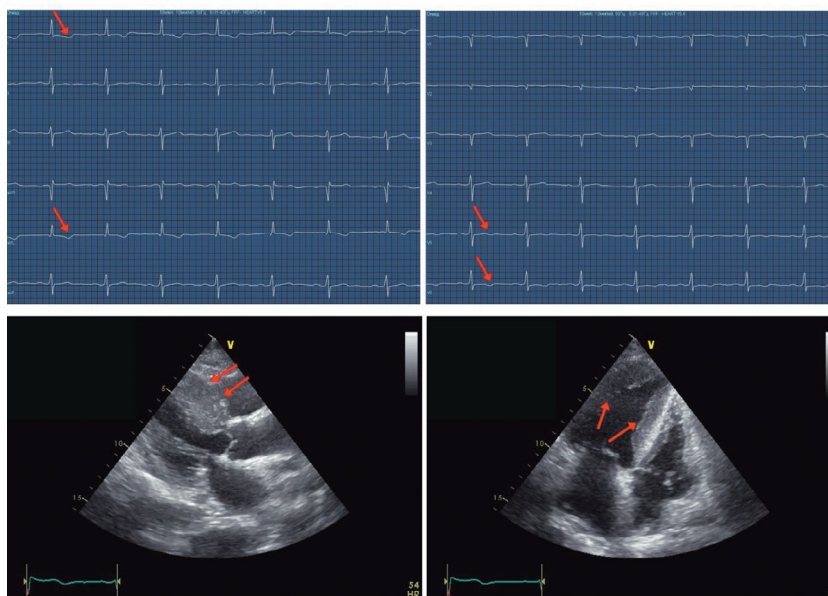


Рисунок 2. Данные пациентки П., 50 лет. На ЭКГ покоя — неспецифические изменения сегмента ST и зубца T (в стандартных и грудных отведениях). На ЭхоКГ покоя — выраженная симметричная гипертрофия стенок левого желудочка (в парастеральном продольном сечении по длинной оси и в верхушечном четырехкамерном сечении).

в процентах: ППМ=Число пораженных сегментов/Число оцененных сегментов.

Для большинства специалистов, выполняющих ЭхоКГ наиболее привычна 16-сегментная схема сократимости ЛЖ. При рутинном эхо-исследовании оцениваются 16 сегментов 17-сегментной

если эхокардиография сравнивается с другими методами визуализации [9].

В соответствии с рекомендациями ESC (2019), эхокардиография покоя должна проводиться для измерения фракции выброса ЛЖ с целью стратификации риска у пациентов с КБС

следние годы появились новые исследования, такие как WASE (World Alliance Societies of Echocardiography, 2019), где получены более высокие значения нижней границы нормы для ФВ 57% для мужчин и 58% у женщин) [12].

Используя 3D-датчик, у пациентов с хронической КБС желательнее определять ФВ методом Триплан (рис. 5, слева) или в 3/4D-режиме (рис. 6, слева), и в норме согласно рекомендациям EACVI (2017) она должна составлять более 54% у мужчин и 57% у женщин [13].

На сегодняшний день кроме ФВ, существуют другие возможности измерения сократимости, такие как деформация (продольный, радиальный, циркулярный Strain), при этом глобальная продольная деформация (GLS) является наиболее изученным и клинически используемым применением неоплеровской эхокардиографии в режиме Speckle Tracking (рис. 6, справа). Клиническое преимущество GLS заключается в том, что она может обнаруживать раннюю дисфункцию миокарда до того, как произойдет какая-либо явная сердечная дисфункция, особенно при заболеваниях, при которых отмечается высокая сердечно-сосудистая заболеваемость и смертность, а традиционные эхокардиографические параметры, такие как ФВ, являются нормальными. В норме согласно международным рекомендациям ASE/EACVI (2015), глобальная продольная деформация как для левого, так и правого желудочка должна составлять более — 20% [10]. В исследованиях отмечено, что GLS у пациентов со значимым поражением коронарного русла составила — 11,9–17,2%, а с незначимым поражением — 18,7–19,2% [14; 15]. Оптимальное значение GLS для прогнозирования значимого поражения коронарных артерий составило — 15,6% при высокой чувствительности, специфичности и точности — 93,1%, 81,8% и 90% [15]. Следует отметить, что по данным WASE нормативные значения для GLS ЛЖ были ниже и составили 17% и 18% для мужчин и женщин, соответственно.

И, наконец, ЭхоКГ покоя должна проводиться у пациентов с хронической КБС для оценки диастолической функции. В соответствии с рекомендациями [7] при оценке диастолической функции следует учитывать клини-

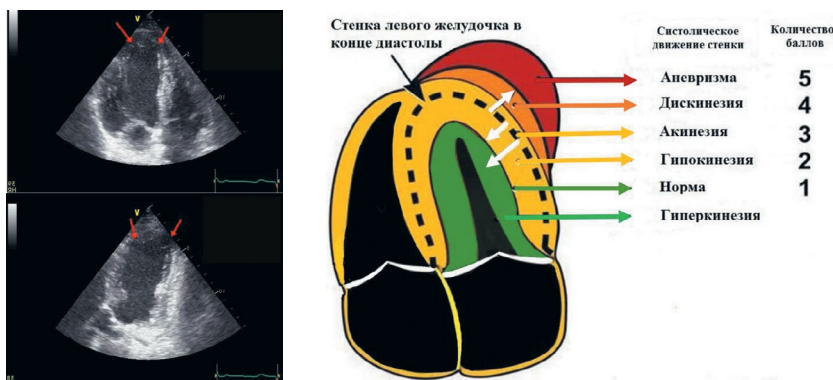


Рисунок 3. Нарушение локальной сократимости. Слева — зоны локального нарушения движения стенок левого желудочка (гипо-акинезия апикальных сегментов межжелудочковой перегородки, боковой, нижней, передней стенок). Справа — схема видов нарушения движения стенок левого желудочка по 5-ти бальной шкале.

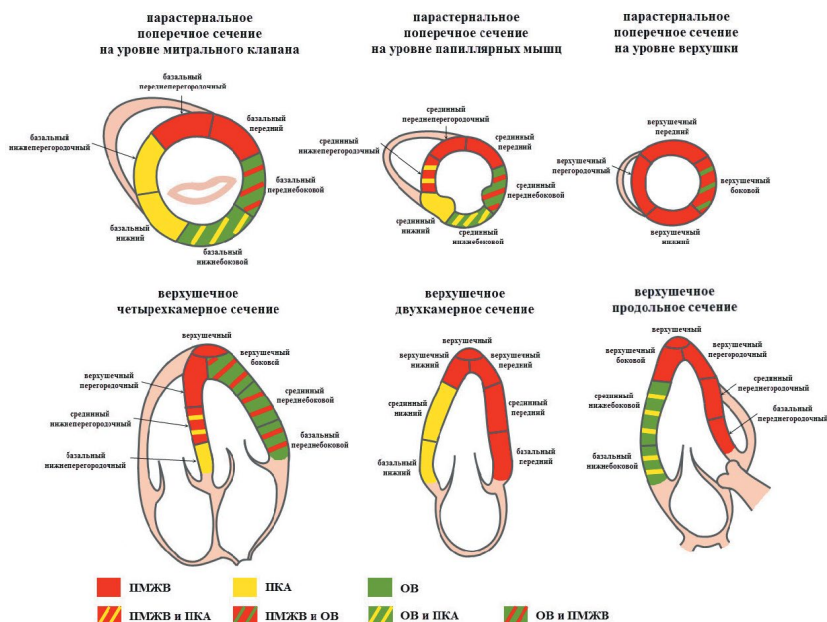


Схема 1. Сегментарное кровоснабжение левого желудочка. ОВ — огибающая ветвь левой коронарной артерии, ПМЖВ — передняя межжелудочковая ветвь левой коронарной артерии, ПКА — правая коронарная артерия.

модели, с расчетом ИЛС и площади поражения исходя из 16-ти сегментов. Тем не менее, следует иметь в виду неравномерность распределения массы миокарда по сегментам, которая имеет место при ее использовании. 17-й («верхушечный») сегмент не контактирует с полостью ЛЖ, поэтому оценка его сократимости не проводится. 17-сегментная схема рекомендуется, если оценивается перфузия миокарда или

(рис. 4). Согласно ESC (2016) по диагностике и лечению острой и хронической СН рекомендуется определять ФВ по модифицированному биплановому методу Симпсона (Simpson), где нижние границы по рекомендациям Американского общества по эхокардиографии и Европейской ассоциации сердечно-сосудистой визуализации (ASE/EACVI, 2015) составляют 52% для мужчин и 54% у женщин [10]. В по-

ческий статус обследуемого, в связи с чем выделяют две группы пациентов: 1) пациенты с нормальной систолической функцией ЛЖ (ФВ > 50 %) и без заболеваний миокарда; 2) пациенты со сниженной ФВ (< 50 %), либо лица со структурным заболеванием сердца, в том числе, с нормальной ФВ. Параметры диастолической функции, которые должны быть получены при эхокардиографии включают скорости пиков Е и А на митральном клапане, скорости Е' на митральном кольце и пиковую скорость струи трикуспидальной регургитации. При неопределенной диастолической функции у пациента с необъяснимой одышкой в покое, рекомендовано проведение диастолического стресс-теста (рис. 9).

Неинвазивные функциональные визуализирующие тесты

Итак, диагностика хронической КБС начинается с неинвазивных визуализирующих стресс-тестов у пациентов с симптомами, у которых обструктивная КБС не может быть исключена только клинической оценкой, а именно со стресс-ЭхоКГ с физической нагрузкой или компьютерной томографии коронарных артерий (КТА) (табл. 6). Выбор первоначального диагностического теста основывается на клинической вероятности КБС (табл. 7) и других характеристиках пациента, влияющих на возможность проведения теста, местном опыте и доступности исследования.

В 2020 году появились обновленные рекомендации, посвященные проведению стресс-ЭхоКГ у пациентов с ИБС [11]. Визуализация всех сегмен-

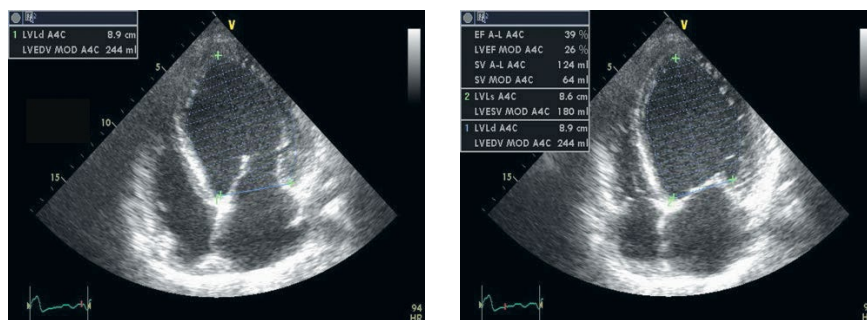


Рисунок 4. Измерение фракции выброса левого желудочка в В-режиме (EF 39 %) у пациента с перенесенным ранее (2 года назад) инфарктом миокарда.

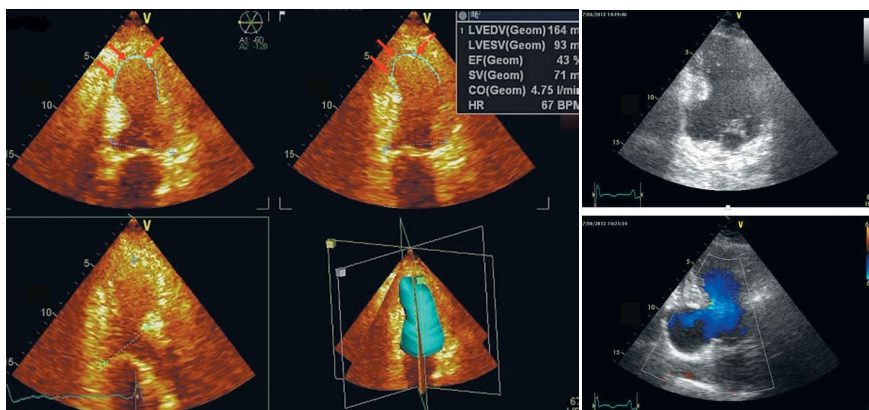


Рисунок 5. Измерение глобальной сократимости (ФВ 43 % методом Триплан) и нарушение локальной сократимости (стрелки) у пациента с постинфарктным кардиосклерозом (слева). Постинфарктная аневризма нижней стенки левого желудочка (справа).

тов в покое и во время стрессовой нагрузки является оптимальной для определения степени индуцируемой ишемии. Если пациент способен выполнять нагрузку, то он должен быть проверен с помощью теста с ФН, поскольку это дает полезную информацию о функциональном состоянии всего организма. Фармакологическая стресс-ЭхоКГ не способна повторить сложные гемодинамические и нейрогормональные изменения, которые могут быть вызваны ФН. Для стресс-ЭхоКГ используется

беговая дорожка (тредмил) или велоэргометрия и эхо-изображения должны быть получены в состоянии покоя, во время нагрузки (или сразу после пиковой нагрузки на тредмиле) и в восстановительном периоде. Пациент нагружается на 3-минутных этапах, постепенно увеличивая нагрузку до тех пор, пока не будут отмечены симптомы, ограничивающие нагрузку, или значительные нарушения артериального давления, сердечного ритма, изменения сегмента ST или появятся зоны нарушения

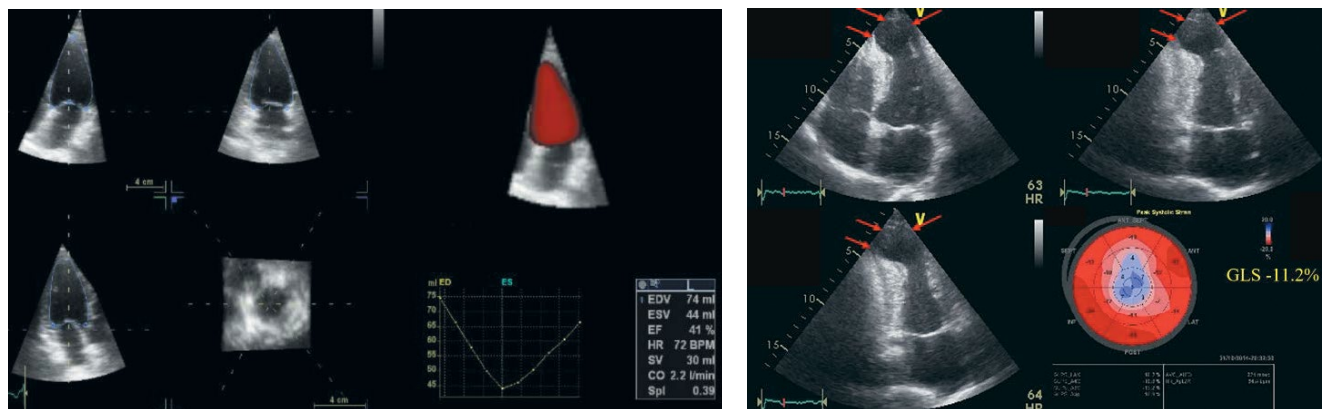


Рисунок 6. Измерение фракции выброса левого желудочка в 4D-режиме (EF 41 %) у пациента с хронической коронарной болезнью сердца (слева). Снижение глобальной продольной деформации (GLS -11.2 %) у пациента с перенесенным инфарктом миокарда в бассейне ПМЖА и формированием аневризмы верхушки левого желудочка (справа).

Таблица 6
Базовые тесты, диагностика, оценка риска
Роль врача-диагноста (ESC, 2019)

Неинвазивные функциональные визуализирующие тесты или коронарная КТА рекомендуются в качестве первоначального теста для диагностики КБС у пациентов с симптомами, у которых обструктивная КБС не может быть исключена только клинической оценкой	I
Выбор первоначального диагностического теста основывается на клинической вероятности КБС и других характеристиках пациента, влияющих на возможность проведения теста, местном опыте и доступности исследования	I
Функциональные визуализирующие тесты рекомендуются для выявления ишемии миокарда, если коронарная КТА показала неопределенную функциональную значимость или оказалась недиагностической	I
Инвазивная ангиография рекомендуется в качестве альтернативного теста для диагностики КБС у пациентов с высокой клинической вероятностью и тяжелыми симптомами, рефрактерными к медикаментозной терапии или типичным болевым синдромом при низком уровне ФН и клинической оценкой высокого риска развития неблагоприятных событий. Инвазивные функциональные тесты должны быть доступны и использоваться для оценки стенозов перед реваскуляризацией, кроме стенозов высокой степени (> 90%)	I
Инвазивная коронарная ангиография с доступностью инвазивной функциональной оценки должна рассматриваться для подтверждения диагноза КБС у пациентов с неопределенными результатами неинвазивных тестов	IIa
Коронарную КТА следует рассматривать как альтернативу инвазивной ангиографии, если другие неинвазивные тесты дают противоречивые или неинформативные результаты	IIa

Примечание: КБС — коронарная болезнь сердца, КТА — компьютерная томография коронарных артерий.

сократимости миокарда. При проведении тредмил-теста очень важно получить изображения сразу после нагрузки как можно скорее (в течение 1–2 минут), поскольку изменения движения стенок могут быстро нормализоваться [11, 16]. Изображения удовлетворительного качества, полученные в течение этого периода времени, следует считать диагностическими. При неудовлетворительном качестве визуализации рекомендуется использование контрастных препаратов. На настоящий момент предлагается использовать контрастные вещества при стресс-ЭхоКГ всякий раз, когда два или более смежных сегмента или любая коронарная территория не могут быть оптимально визуализированы [17].

Требование к экспертизе и субъективность визуальной оценки движения стенки ЛЖ изначально при стресс-ЭхоКГ послужили стимулом для исследования количественных методов. Кроме того, количественный анализ может повысить чувствительность выявления коронарной болезни сердца. Измерение объемов ЛЖ и фракции выброса обычно не используется в большинстве стресс-лабораторий из-за нехватки времени и проблем с воспроизводимостью при стрессе, когда изображения технически сложны. Тем не менее, в отдельных случаях измерение ФВ и конечного систолического объема, вскоре после проведенного ис-

следования, может служить подтверждением аномальной глобальной реакции на стресс-тест (рис. 7).

Оценить контрактильный резерв на фоне ФН возможно и с помощью измерения глобальной продольной деформации, как показано на рис. 8, где обнаружено отсутствие прироста и снижение CLS ЛЖ у пациента с хроническим коронарным синдромом и многососудистым поражением коронарных артерий.

Определение диастолической функции при стресс-тесте может быть полез-

ным для оценки пациентов с необъяснимой одышкой. Параметры диастолической функции, которые должны быть получены в состоянии нагрузки, такие же как в покое, и включают скорости пиков Е и А на митральном клапане, скорости Е' на митральном кольце и пиковую скорость струи трикуспидальной регургитации (VTR) (рис. 9). Следует отметить, что эти переменные обычно измеряются при частоте сердечных сокращений 100–110 ударов в минуту во время нагрузки или во время восстановления, чтобы избежать слияния волн Е и А. Увеличение отношения Е/Е' сред. >14 или Е/Е' септ. >15 при физической нагрузке коррелирует с увеличением давления наполнения ЛЖ [18]. Результатом подтверждения диастолической дисфункции будет является увеличение Е/Е и давления в легочной артерии при стресс-тестировании.

Магнитно-резонансная томография может рассматриваться у пациентов с подозрением на КБС в том случае, когда ЭхоКГ (в том числе, с использованием контраста) не дает оптимальных результатов [19]. С помощью этой методики можно получить полезную информацию об анатомии сердца и систолической (глобальной и локальной) функции сердца, аналогичную той, которая получена на эхокардиограмме. Наличие или отсутствие необструктивного коронарного атеросклероза на коронарной

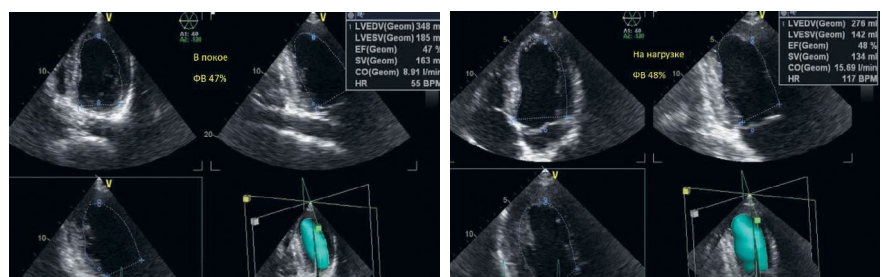


Рисунок 7. Отсутствие прироста фракции выброса на высоте нагрузочного теста у пациента с многососудистым поражением коронарного русла.

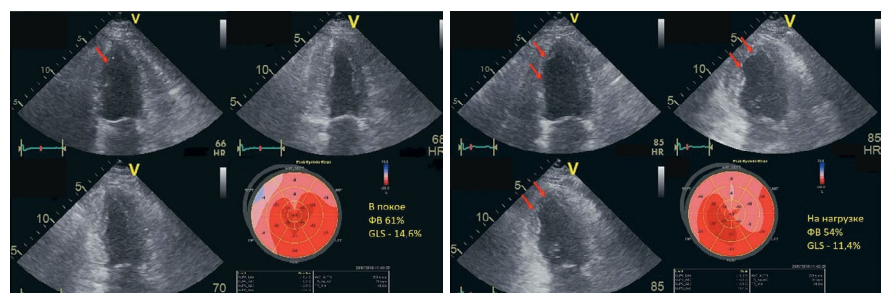


Рисунок 8. Усугубление зон нарушения локальной сократимости (показано стрелками) и отсутствие прироста и снижение глобальной продольной деформации (CLS) у пациента с хроническим коронарным синдромом.

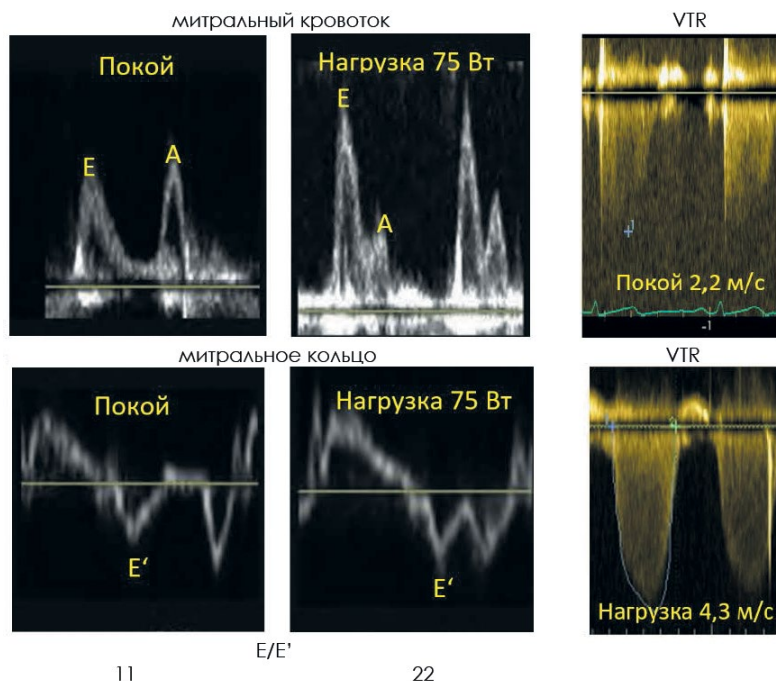


Рисунок 9. Диагностический стресс-тест. На фоне нагрузки отмечается увеличение E/E' и пиковой скорости струи трикуспидальной регургитации (VTR).

КТА обеспечивает прогностическую информацию и может использоваться для оснований последующей профилактической терапии [20].

В исследованиях показано, что у пациентов с многосудистой коронарной болезнью сердца, коронарная КТА, дополненная оценкой фракционного резерва кровотока (FFR на основе КТ), не уступала инвазивной коронарографии с FFR для принятия решений и определения целей последующей реваскуляризации [21].

J. Knuuti et al. (2018) отмечают, что основная причина увеличения популярности КТА в высокой отрицательной прогностической ценности исследования, то есть отрицательный результат КТА может с высокой степенью достоверности исключить анатомически значимую КБС у пациентов с умеренной предтестовой вероятностью заболевания [4]. В этой связи у лиц с высокой вероятностью КБС применение КТА становится менее целесообразным. В этой же работе авторы отмечают достаточно низкую специфичность КТА в отношении функционально значимых поражений коронарных артерий — 53 %. Наконец, следует отметить рекомендации Национального института здравоохранения (NICE, 2016), которые предлагают вовсе исключить оценку пред-

тестовой вероятности КБС и в качестве метода первой линии использовать КТА, а вторым шагом — функциональные тесты. Исследователи обосновывают свой подход тем, что первоочередной задачей визуализации может быть точное исключение анатомической КБС, которое и обеспечивает КТА. Таким образом, эксперты ESC (2019) рассматривают

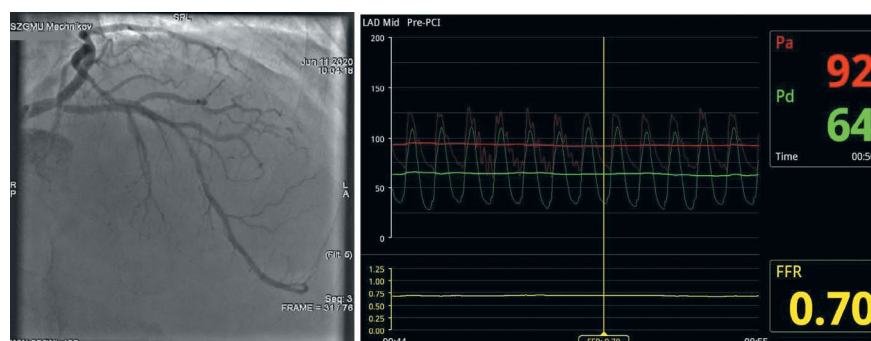


Рисунок 10. Данные инвазивной ангиографии пациента В., 67 лет со стенозом передней межжелудочковой ветви левой коронарной артерии: слева — ангиограмма, справа — снижение фракционного резерва кровотока (FFR) 0,70.

КТА как метод выбора для пациентов с низкой клинической вероятностью КБС для исключения заболевания. Коронарную КТА следует рассматривать как альтернативу инвазивной ангиографии, если другие неинвазивные тесты дают противоречивые или неинформативные результаты (IIa).

Инвазивная коронарная ангиография

В диагностических целях инвазивная коронарная ангиография (КАГ) может быть применена у пациентов с подозрением на КБС в случае неудовлетворительных результатов неинвазивного тестирования. Кроме того, показанием к выполнению КАГ может служить высокий риск острого сердечно-сосудистого события, по данным неинвазивной оценки, для определения вариантов последующей реваскуляризации. Согласно рекомендациям ESC (2019), инвазивная ангиография рекомендуется в качестве альтернативного теста для диагностики КБС у пациентов с высокой клинической вероятностью и тяжелыми симптомами, рефрактерными к медикаментозной терапии или типичным болевым синдромом при низком уровне ФН и клинической оценкой высокого риска развития неблагоприятных событий (табл. 6, схема 2).

В рекомендациях ESC (2019) также отмечено, что инвазивные функциональные тесты должны быть доступны и использоваться для оценки стенозов перед реваскуляризацией, кроме стенозов высокой степени (>90 %). Необходимо добавить, что коронарография должна проводиться с возможностью проведения функциональных тестов, так как не каждый стеноз явля-

ется показанием к реваскуляризации коронарной артерии. Стенозы от 50 до 90 % несомненно требуют функциональных тестов и оценки гемодинамической значимости. Таким образом на сегодня, целесообразно сочетание традиционной КАГ с функциональными тестами у пациентов со стенозами

50–90 % или многосудистым поражением, с учетом частого несоответствия ангиографической и гемодинамической тяжести коронарных стенозов. Было показано, что систематическая интеграция КАГ с оценкой FFR (рис. 10) приводит к изменениям в стратегии ведения

клинической предтестовой вероятности (табл. 7) и модификаторов клинической вероятности КБС [1]. Так, отмечено, что уменьшают клиническую вероятность хронической КБС отрицательный стресс-ЭКГ тест с ФН и отсутствие кальция в коронарных артериях, в то

стического теста основывается на клинической вероятности КБС и других характеристиках пациента, влияющих на возможность проведения теста, а также местном опыте и доступности исследования в лечебном учреждении.

Неинвазивная оценка путем визуализации просвета и стенки коронарной артерии при КТА может быть выполнена с использованием внутривенного контрастного вещества, что обеспечивает высокую точность обнаружения обструктивных коронарных стенозов, как и определенных при инвазивной КАГ, поскольку оба теста основаны на анатомии. Однако, стенозы, которые оцениваются в 50–90 %, не обязательно являются функционально значимыми, то есть они не всегда вызывают ишемию миокарда. Поэтому, неинвазивное или инвазивное функциональное тестирование рекомендуется для дальнейшей оценки ангиографического стеноза, выявленного с помощью коронарной КТА или инвазивной ангиографии, если только с помощью инвазивной КАГ не выявлен стеноз очень высокого класса (> 90 %).

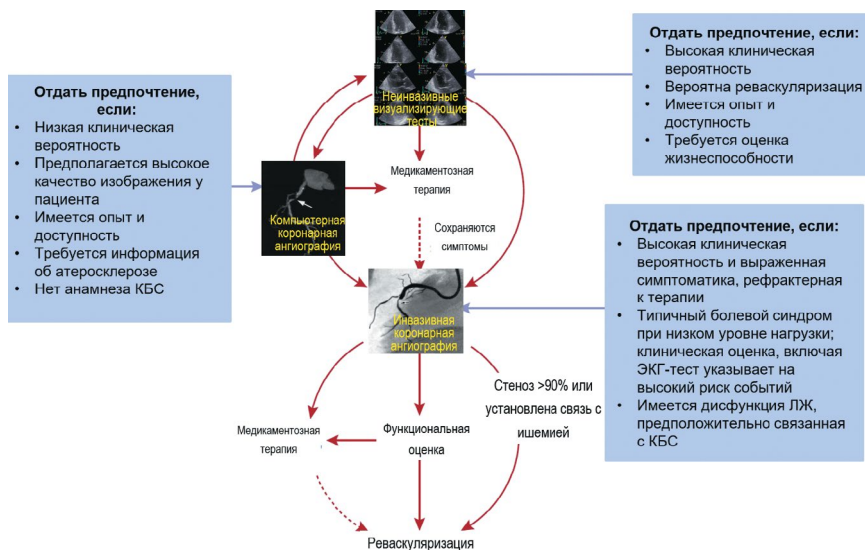


Схема 2. Основной диагностический алгоритм у симптомных пациентов с подозрением на коронарную болезнь сердца (взято с изменениями из J. Knuuti et al. Eur. Heart. J. 2020; 41: 407–477).

30–50 % пациентов, проходящих плановое исследование. Однако, инвазивная КАГ не должна проводиться пациентам со стенокардией, которые отказываются от инвазивных процедур или не планируют в дальнейшем реваскуляризацию, а также если реваскуляризация не улучшит функциональное состояние или качество жизни.

Таким образом, для диагностики хронической коронарной болезни сердца, на схеме 2 представлен основной диагностический алгоритм с учетом

времени как, увеличивают эту вероятность изменения на ЭКГ покоя, положительный стресс-ЭКГ тест с ФН и присутствие кальция при компьютерной томографии коронарных артерий (схема 3).

В общем, на сегодня диагностика хронической КБС начинается с неинвазивных визуализирующих стресс-тестов у пациентов с симптомами, у которых обструктивная КБС не может быть исключена только клинической оценкой, а именно со стресс-ЭхоКГ или КТА. Выбор первоначального диагно-

Список литературы:

1. Knuuti J., Wijns W., Saraste A., Capodanno D., Barbo E., Funck-Brentano C. et al. 2019 ESC Guidelines for the diagnosis and management of chronic coronary syndromes The Task Force for the diagnosis and management of chronic coronary syndromes of the European Society of Cardiology (ESC). European Heart Journal. 2020; 41: 407–477.
2. Pradhan R., Chaudhary A., Donato A. A. Predictive accuracy of ST depression during rapid atrial fibrillation on the presence of obstructive coronary artery disease. Am. J. Emerg. Med. 2012; 30: 1042–1047.
3. Zacharias K., Ahmed A., Shah B. N., Gurunathan S., Young G., Acosta D., Senior R. Relative clinical and economic impact of Exercise echocardiography vs. Exercise electrocardiography, as first

Таблица 7

Предтестовая вероятность коронарной болезни сердца (ESC, 2019)

Возраст	Типичная боль		Атипичная боль		Не стенокардическая боль		Одышка	
	М	Ж	М	Ж	М	Ж	М	Ж
30–39	3%	5%	4%	3%	1%	1%	0%	3%
40–49	22%	10%	10%	6%	3%	2%	12%	3%
50–59	32%	13%	17%	6%	11%	3%	20%	9%
60–69	44%	16%	26%	11%	22%	6%	27%	14%
70+	52%	27%	34%	19%	24%	10%	32%	12%

Неинвазивные исследования более эффективны (предтестовая вероятность >15%)

Неинвазивные исследования могут быть рассмотрены для подтверждения диапазона после оценки общей клинической вероятности, основанной на модификаторах (5–15%)



Схема 3. Детерминанты клинической вероятности коронарной болезни сердца.

- line investigation in patients without known coronary artery disease and new stable angina: a randomized prospective study. *Eur. Heart J. — Cardiovascular Imaging*. 2017; 18: 195–202.
4. Knuuti J., Ballo H., Juarez- L. E., Saraste A., Kolh P., Rutjes A. W. S. et al. The performance of non-invasive tests to rule-in and rule-out significant coronary artery stenosis in patients with stable angina: a meta-analysis focused on post-test disease probability. *Eur. Heart J.* 2018; 39: 3322–3330.
 5. Daly C., Norrie J., Murdoch D. L., Ford I., Dargie H. J., Fox K.; TIBET (Total Ischaemic Burden European Trial) study group. The value of routine non-invasive tests to predict clinical outcome in stable angina. *Eur. Heart J.* 2003; 24: 532–540.
 6. Biering-Sorensen T., Hoffmann S., Mogelvang R., Zeeberg Iversen A. et al. Myocardial strain analysis by 2-dimensional speckle tracking echocardiography improves diagnostics of coronary artery stenosis in stable angina pectoris. *Circ. Cardiovasc. Imaging*. 2014; 7: 58–65.
 7. Nagueh S. F., Smiseth O. A., Appleton C. P., Byrd B. F. III, Dokainish H., Edvardsen T. et al. Recommendations for the evaluation of left ventricular diastolic function by echocardiography: an update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging. *Eur. Heart J. Cardiovasc. Imaging* 2016; 17: 1321–1360.
 8. Нагрузочные тесты в клинической практике/Под ред. С. Ю. Бартош-Зеленой — СПб: ООО «АРГУС», 2018. — 277 с.; ил.
 9. Lang R. M., Bierig M., Devereux R. B., Flachskampf F. A., Foster E., Pellikka P. A., et al. Recommendations for chamber quantification: a report from the American Society of Echocardiography's guidelines and Standards Committee and the Chamber quantification Writing group, developed in conjunction with the European Association of echocardiography, a branch of the European Society of Cardiology. *J. Am. Soc. Echocardiogr.* 2005; 18: 1440–63.
 10. Lang R. M., Badano L. P., Mor-Avi V., Afilalo J., Armstrong A., Ernande L., 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. *J. Am. Soc. Echocardiogr.* 2015; 28: 1–39 e14.
 11. Pellikka P. A., Arruda-Olson A., Chaudhry F. A., Chen M. H., Marshall J. E., Porter T. R., Sawada S. G. Guidelines for Performance, Interpretation, and Application of Stress Echocardiography in Ischemic Heart Disease: From the American Society of Echocardiography Journal of the American Society of Echocardiography. 2020; 33 (1); 1–41.
 12. Asch F. M., Miyoshi T., Addetia K., Citro R., Daimon M., Desale S., et al. Similarities and Differences in Left Ventricular Size and Function among Races and Nationalities: Results of the World Alliance Societies of Echocardiography Normal Values Study. *Journal of the American Society of Echocardiography*. 2019; Volume 32; N.11: 1396–1406.
 13. Galderisi M., Cosyns B., Edvardsen T., Cardim N., Delgado V. et al. Standardization of adult transthoracic echocardiography reporting in agreement with recent chamber quantification, diastolic function, and heart valve disease recommendations: an expert consensus document of the European Association of Cardiovascular Imaging/J. Am. Soc. Echocardiogr. — 2017. Vol. 18, P. 1301–1310.
 14. Norum I. B., Ruddox V., Edvardsen T., Otterstad J. E. Diagnostic accuracy of left ventricular longitudinal function by speckle tracking echocardiography to predict significant coronary artery stenosis. *BMC Med Imaging*. 2015; 15: 25.
 15. Radwan H., Hussein E. Value of global longitudinal strain by two dimensional speckle tracking echocardiography in predicting coronary artery disease severity. *The Egyptian Heart Journal*. Volume 69, Issue 2, 2017, Pages 95–101.
 16. Roger V. L., Pellikka P. A., Oh J. K., Miller F. A., Seward J. B., Tajik A. J. Stress echocardiography. Part I. Exercise echocardiography: techniques, implementation, clinical applications, and correlations. *Mayo Clin. Proc.* 1995; 70: 5–15.
 17. Porter T. R., Abdelmoneim S., Belcik J. T., McCulloch M. L., Mulvagh S. L. et al. Guidelines for the cardiac sonographer in the performance of contrast echocardiography: a focused update from the American Society of Echocardiography. *J. Am. Soc. Echocardiogr.* 2014; 27: 797–810.
 18. Peteiro J., Pazos P., Bouzas A., Pinon P., Estevez R., Castro-Beiras A. Assessment of diastolic function during exercise echocardiography: annulus mitral velocity or transmitral flow pattern? *J. Am. Soc. Echocardiogr.* 2008; 21: 178–84.
 19. Greenwood J. P., Ripley D. P., Berry C., McCann G. P., Plein S., Bucciarelli-Ducci C., et al. CE-MARC 2 Investigators. Effect of care guided by cardiovascular magnetic resonance, myocardial perfusion scintigraphy, or NICE guidelines on subsequent unnecessary angiography rates: the CE-MARC 2 randomized clinical trial. *JAMA*. 2016; 316: 1051–1060.
 20. Hoffmann U., Ferencik M., Udelson J. E., Picard M. H., Truong Q. A., Patel M. R. et al. PROMISE Investigators. Prognostic value of noninvasive cardiovascular testing in patients with stable chest pain: insights from the PROMISE trial (Prospective Multicenter Imaging Study for Evaluation of Chest Pain). *Circulation* 2017; 135: 2320–2332.
 21. Collet C., Onuma Y., Andreini D., Sonck J., Pompilio G., Mushtaq S. et al. Coronary computed tomography angiography for heart team decision-making in multivessel coronary artery disease. *Eur. Heart J.* 2018; 39: 3689–3698.

Для цитирования: Бартош-Зеленая С. Ю. Клинико-инструментальные методы диагностики хронической коронарной болезни сердца. Медицинский алфавит. 2020; (32):14–23. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2020-32-14-23>

For citation: S. Yu. Bartosh-Zelenaya Instrumental diagnostic methods for chronic coronary heart disease. *Medical alphabet*. 2020; (32):14–23. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2020-32-14-23>



ABI-SYSTEM 100

АППАРАТ ДЛЯ ОБЪЁМНОЙ СИГМОГРАФИИ



Скрининг индивидуальных маркеров, рисков и заболеваний сердечно-сосудистой системы.

Включён в таблицу оснащения отделений функциональной диагностики (приказ № 997н).

Значение показателей продольной деформации левого предсердия у пациентов с хронической сердечной недостаточностью

М. Н. Алёхин, д.м.н., заслуженный врач РФ, профессор кафедры терапии, кардиологии и функциональной диагностики с курсом нефрологии¹, заведующий отделением функциональной диагностики²

А. О. Калинин, д.м.н., доцент кафедры внутренних болезней³ заведующий отделением функциональной диагностики⁴

¹ФГБУ ДПО «Центральная государственная медицинская академия» Управления делами Президента Российской Федерации, Москва, Россия

²ФГБУ «Центральная клиническая больница с поликлиникой» Управления делами Президента РФ

³Рижский Университет имени П. Страдыня

⁴Рижская Восточная Университетская Клиническая больница, стационар «Гайлезерс», Рига, Латвия

Value of indicators of longitudinal deformation of the left atrium in patients with chronic heart failure

M. N. Alekhin^{1,2}, A. O. Kalinin^{3,4}

¹Central State Medical Academy of Department of Presidential Affairs

²Central Clinical Hospital with Out-patient Clinic of Department of Presidential Affairs, Moscow, Russia

³Rīga Stradiņš University

⁴Rīga Eastern Clinical University Hospital, the hospital 'Gailezers'

Резюме

Современные технологии оценки деформации миокарда с помощью спекл-трекинг эхокардиографии позволяют анализировать не только желудочки сердца, но и левое предсердие (ЛП). Оценка показателей деформации ЛП у больных хронической сердечной недостаточностью (ХСН) может быть полезной в диагностическом плане у пациентов с впервые возникшими симптомами, которые могут указывать на дебют сердечной недостаточности с сохранной фракцией выброса левого желудочка. У пациентов с ХСН деформация ЛП может быть важна для оценки прогноза. Оценка динамики деформации ЛП у пациентов с сердечной недостаточностью может указывать на течение ХСН и эффективность проводимой терапии. Целью этой статьи является анализ данных о значении показателей продольной деформации ЛП для диагностики и ведения пациентов с ХСН.

Ключевые слова: эхокардиография, сердечная недостаточность, левый желудочек, деформация миокарда, левое предсердие, спекл-трекинг.

Summary

Modern technologies for assessing myocardial strain by means of speckle-tracking echocardiography allow to analyze not only the ventricles of the heart, but also the left atrium (LA). Evaluation of LA strain in patients with chronic heart failure (CHF) can be useful in the terms of diagnostic in patients with first-time symptoms that may indicate the onset of heart failure with a preserved left ventricular ejection fraction. In patients with CHF, LA strain may be important for evaluating the prognosis. Assessment of the dynamics of LA strain in patients with heart failure may indicate the course of CHF and the effectiveness of therapy. The purpose of this article is to analyze the data on the significance of LA longitudinal strain indicators for the diagnosis and management of patients with CHF.

Keywords: echocardiography, heart failure, left ventricle, myocardial strain, left atrium, speckle tracking.

Оценка функции левого предсердия (ЛП) и, в частности, показателей деформации ЛП у больных хронической сердечной недостаточностью (ХСН) может быть чрезвычайно полезной с нескольких позиций. Прежде всего снижение показателей продольной деформации ЛП может иметь диагностическое значение у пациентов с впервые возникшими симптомами, которые могут указывать на дебют сердечной недостаточности с сохранной фракцией выброса левого желудочка (ЛЖ). У пациентов ХСН независимо от фракции выброса ЛЖ оценка деформации ЛП важна для оценки прогноза у этих пациентов.

Наконец, имеются основания предполагать, что оценка динамики деформации ЛП у пациентов с сердечной недостаточностью может указывать на течение ХСН и эффективность проводимой терапии. Например, у больных с транскатетерной имплантацией аортального клапана наблюдалось существенное увеличение показателей деформации ЛП на протяжении 3-х месячного наблюдения, подтверждая обратное ремоделирование ЛП [1, 2].

Целью этой статьи является анализ данных о значении показателей продольной деформации левого предсердия для диагностики и ведения пациентов с ХСН.

Прежде чем обратиться к собственно теме статьи представим основные данные, посвященные оценке механической функции ЛП.

Принято выделять три фазы механической функции ЛП на протяжении сердечного цикла. Первая фаза накопления или «резервуара» продолжается от момента закрытия митрального клапана до момента его открытия и, соответственно, включает в себя три периода: период изоволюмического сокращения ЛЖ, собственно сокращение ЛЖ и период изоволюмического расслабления ЛЖ. На протяжении этой фазы накопления происходит заполнение ЛП кровью, поступающей из ле-

гочных вен. Вторая фаза протекания или «трубопровода» продолжается от момента открытия митрального клапана до начала сокращения ЛП и, соответственно включает в себя два периода: раннего или быстрого наполнения ЛЖ и диастазис или период медленного наполнения ЛЖ. На протяжении этой фазы протекания происходит перенос крови в ЛЖ за счёт градиента давления между ЛП и легочными венами с одной стороны и ЛЖ с другой. Третья фаза сокращения предсердия продолжается от начала сокращения ЛП до момента закрытия митрального клапана и соответствует собственно сокращению или систоле ЛП. На протяжении этой фазы происходит повышение внутрижелудочкового объёма и давления за счёт сокращения предсердия [17] (рис. 1).

В последние годы для оценки механической функции ЛП все чаще используются ультразвуковые технологии оценки деформации (strain) миокарда. Стрейн миокарда представляет собой изменение длины или толщины миокарда на протяжении сердечного цикла по отношению к его начальной длине или толщине. Стрейн выражается в процентах, так как изменение длины или толщины миокарда соотносится с исходной длиной или толщиной и обозначается греческой буквой эpsilon ϵ . При увеличении длины или толщины анализируемого участка миокарда деформация считается положительной величиной. При уменьшении длины или толщины анализируемого участка миокарда деформация считается отрицательной величиной. Для удобства возможно использовать модуль деформации.

Хотя существует несколько способов расчета деформации миокарда с помощью ультразвука, наиболее распространенной и востребованной с практической точки зрения является технология двухмерной спекл-трекинг эхокардиографии в продольном направлении из верхушечного доступа на 4 камеры с оценкой глобальной продольной деформации ЛП [3]. В этой позиции в продольном направлении в фазу накопления происходит увеличение длины предсердия, а в фазы протекания и сокращения происходит уменьшение длины предсердия.

В зависимости от исходной точки анализа данных существует 2 способа построения кривых деформации миокарда ЛП (рис. 2). Первый способ основан на анализе от зубца R электрокардиограммы до следующего зубца R. При этом способе построение кривой деформации на протяжении сердечного цикла будет принимать положительные значения. Максимальное значение положительной продольной деформации соответствует максимальному удлинению ЛП и отражает фазу накопления (ϵR , 'reservoir'). Этот пик формируется в момент максимального наполнения ЛП перед открытием митрального клапана и соответствует окончанию Т зубца на ЭКГ или началу волны Е трансмитрального кровотока. Второй пик положительной деформации отражает

текания (ϵCD , 'conduit'). Сумма значений в фазу сокращения (ϵCT) и в фазу протекания (ϵCD) будет равна значению деформации в фазу накопления (ϵR , 'reservoir') (рис. 2).

Таким образом независимо от того, какой способ используется возможно рассчитать деформацию во все 3 фазы механической функции предсердия, а пиковая глобальная продольная деформация ЛП является наиболее важным интегральным показателем деформации ЛП в фазу накопления и он может быть рассчитан разными способами.

Хотя рекомендованным способом оценки деформации ЛП является первый способ от зубца R до R [3], однако нередко используется и второй способ от зубца P до P.

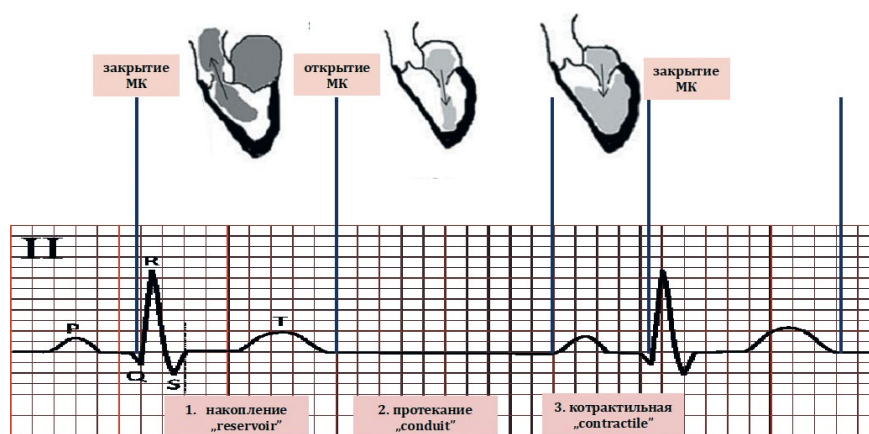


Рисунок 1. Фазы механической функции левого предсердия: 1. в систолу желудочков: фаза накопления — 'reservoir'; 2. после открытия митрального клапана пассивное наполнение левого желудочка: фаза протекания — 'conduit'; 3. в систолу предсердий активное наполнение левого желудочка: фаза сокращения — 'contractile'. МК — митральный клапан.

контракционную фазу (ϵCT , 'contractile') и он регистрируется непосредственно перед зубцом P или перед началом А волны на трансмитральном кровотоке. Разница между ϵR и ϵCT отражает фазу протекания (ϵCD , 'conduit').

Второй способ основан на анализе от зубца P электрокардиограммы до следующего зубца P. При этом способе построение кривой деформации на протяжении сердечного цикла будет принимать как отрицательные, так и положительные значения. Максимальный отрицательный пик соответствует деформации в фазу сокращения предсердия (ϵCT , 'contractile'), а максимальный положительный пик соответствует деформации в фазу про-

На рис. 3 и 4, соответственно, приводится пример расчета основных показателей деформации миокарда ЛП вышеописанными способами у одного и того же пациента.

Как представлено на рис. 3 и рис. 4 при расчете показателей деформации ЛП разными способами их значения практически совпадают.

Нормальные значения показателей деформации ЛП были неоднократно представлены различными исследователями. Так в мета-анализе 2017 года Pathan и др. [4] продемонстрировали результаты 40 исследований (2 542 пациента). Нормальные значения стрейна в контрактильную фазу (ϵCT) составили 17,4% (95% CI,

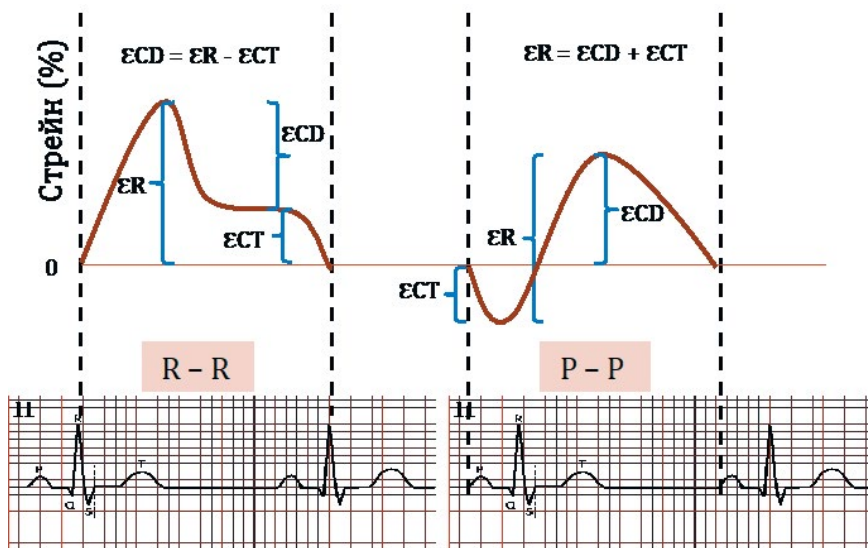


Рисунок 2. Оценка деформации левого предсердия: А) от зубца R ЭКГ до R; Б) от зубца Р ЭКГ до Р. ϵ_{CT} — стрейн в контрактильную фазу; ϵ_{CD} — стрейн в фазу протекания; ϵ_R — стрейн в фазу накопления.

16,0–19,0); стрейна в фазу накопления (ϵ_R) — 39,4 % (95 % CI, 38,0–40,8) и стрейна в фазу протекания (ϵ_{CD}) — 23,0 % (95 % CI, 20,7–25,2).

Хроническая сердечная недостаточность с сохранной ФВ ЛЖ (ХСНсФВ)

Диагностическое значение показателей деформации ЛП у пациентов ХСНсФВ

Если проанализировать показатели деформации ЛП с точки зрения диагностики ХСНсФВ, то здесь можно привести ряд работ, которые выполнялись у пациентов с впервые возникшими симптомами сердечной недостаточности и как правило в амбулаторных условиях. Так по данным Aung и др. [5]

в небольшой группе амбулаторных пациентов с симптомами ХСН глобальная продольная деформация ЛП в фазу накопления менее 17,5 % позволяла выявлять ХСНсФВ с чувствительностью 89 % и специфичностью 55 %. В исследовании с использованием доплеровской визуализации тканей было показано, что снижение деформации ЛП позволяет дифференцировать пациентов с ДД ЛЖ от тех пациентов, которые уже страдают хронической сердечной недостаточностью с сохранной ФВ [6]. Более того, было показано, что у пациентов с появляющимися симптомами сердечной недостаточности нередко присутствует дисфункция ЛП, которая может быть самым первым объективным признаком клинической

манифестации сердечной недостаточности с сохранной ФВ [7] (рис. 5).

Здесь уместно привести данные о том, что глобальная продольная деформация ЛП в фазу накопления коррелирует с давлением заклинивания легочной артерии в большей степени по сравнению с такими широко используемыми эхокардиографическими показателями, как E/A , E/e' и ИОЛП у пациентов ХСН с ФВ ЛЖ ≥ 45 % с подозрением на легочную гипертензию, которым выполнялось инвазивное исследование [8]. В свете этого следует указать на данные об ассоциации толерантности к физической нагрузке с показателями деформации ЛП в фазы протекания и накопления у пациентов с ХСНсФВ по данным МРТ исследования [9]. При этом значения деформации ЛП в фазу сокращения оставались соответствующими значениям в контрольной группе. Неожиданно наиболее высокая корреляция с максимальным потреблением кислорода (VO_2) оказалась для деформации ЛП в фазу протекания ($r=0,80$; $p<0,01$). Следует особо отметить, что эта корреляция не зависела от показателей жесткости и релаксации ЛЖ. Таким образом, не только снижение деформации ЛП в фазу накопления, как это отмечалось выше неоднократно, но и снижение деформации ЛП в фазу протекания может быть важным у пациентов с ХСНсФВ. По мнению Buggey и Hoit [10] это частично можно объяснить более ранним снижением деформации ЛП именно в фазу протекания (еще до начала симптомов, расширения ЛП и увеличения давления наполнения

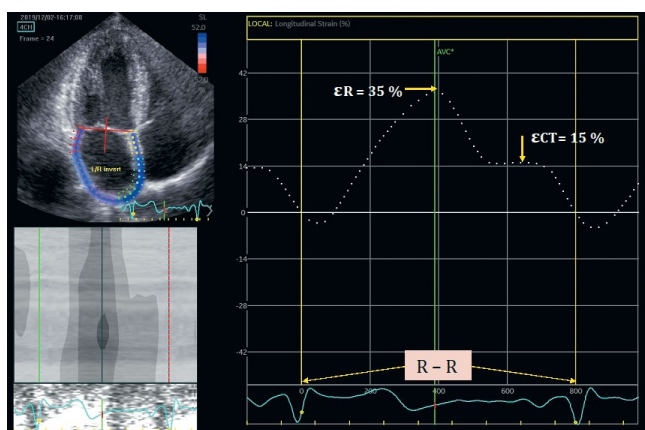


Рисунок 3. Оценка деформации левого предсердия от зубца R ЭКГ до зубца R у пациента А, 42 лет. ϵ_{CT} 15 % — стрейн в контрактильную фазу; ϵ_R 35 % — стрейн в фазу накопления. ϵ_{CD} 20 % — стрейн в фазу протекания (рассчитывается как разность между ϵ_R и ϵ_{CT}).

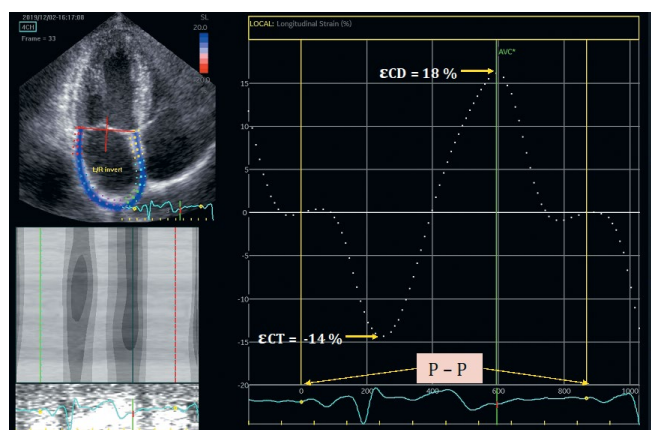


Рисунок 4. Оценка деформации левого предсердия от зубца Р ЭКГ до зубца Р у того же пациента А, 42 лет, что и на рисунке 3. ϵ_{CT} — 14 % — стрейн в контрактильную фазу; ϵ_{CD} 18 % — стрейн в фазу протекания; ϵ_R 32 % — стрейн в фазу накопления (рассчитывается как сумма абсолютных значений между ϵ_{CD} и ϵ_{CT}).

ЛЖ) [11]. Косвенным подтверждением этого мнения может быть то обстоятельство, что в исследованиях, где была показана значимая роль снижения деформации ЛП в фазу протекания популяция пациентов была более легкая, это были амбулаторные пациенты без предшествующих госпитализаций по поводу СН [6].

В связи с этим оценка деформации ЛП у пациентов с впервые или вновь появляющейся одышкой может быть очень полезной для корректного диагноза сердечной недостаточности и для последующего мониторинга потенциально обратимых изменений под воздействием терапии.

В настоящее время предложено множество алгоритмов диагностики ХСНсФВ, каждый из которых имеет своих сторонников. Некоторые алгоритмы включают только функциональные ЭхоКГ показатели, как например предложенный Reddy и др. [12]. Предложенный в 2019 и обновленный совсем недавно алгоритм Ассоциации сердечной недостаточности Европейского общества кардиологов включает наряду с функциональными и анатомические показатели [13, 14]. Следует отметить, что вышеизложенные данные о диагностическом потенциале показателей деформации ЛП также нашли свое отражение в одном из предложенных алгоритмов диагностики ХСНсФВ, который мы приводим с любезного разрешения авторов на рисунке 6 [15].

В задачу этой статьи не входит детальный анализ существующих и предложенных алгоритмов диагностики ХСНсФВ, тем более, что это возможно только на основе клинической практики. Однако, включение в один из алгоритмов диагностики ХСНсФВ не только анатомической, но и функциональной составляющей ЛП в виде показателей его деформации нам представляется чрезвычайно важным, так как открывает новые перспективы для клинического применения показателей деформации ЛП.

Прогностическое значение показателей деформации ЛП у пациентов ХСНсФВ

Известно, что продольная деформация ЛЖ относится к независимым предикторам неблагоприятных клиниче-

ских исходов у пациентов с СНсФВ [16]. Снижение показателей деформации ЛП нередко наблюдается среди пациентов с СНсФВ. Так в исследовании TOPCAT среди 357 пациентов с СНсФВ в 52 % случаев наблюдалось снижение глобальной деформации ЛП в фазу накопления со средним значением $25,9 \pm 7,7\%$ [17]. Закономерно, что у пациентов СНсФВ при увеличении ЛП чаще регистрируется снижение деформации ЛП. В этом же исследовании у пациентов СНсФВ при увеличении ЛП деформация ЛП

внезапной смерти, с благоприятным исходом [4].

Важнейшим исследованием, показавшем прогностическое значение деформации ЛП у пациентов с СНсФВ явилось исследование Freed и др. В этом исследовании у 308 пациентов с СНсФВ, из которых у 67 % пациентов имелось увеличение ЛП более 28 мл/м^2 и 56 % пациентов имели сниженную деформацию ЛП, показатели деформации в фазу накопления, протекания и сокращения предсердия были ассоциированы

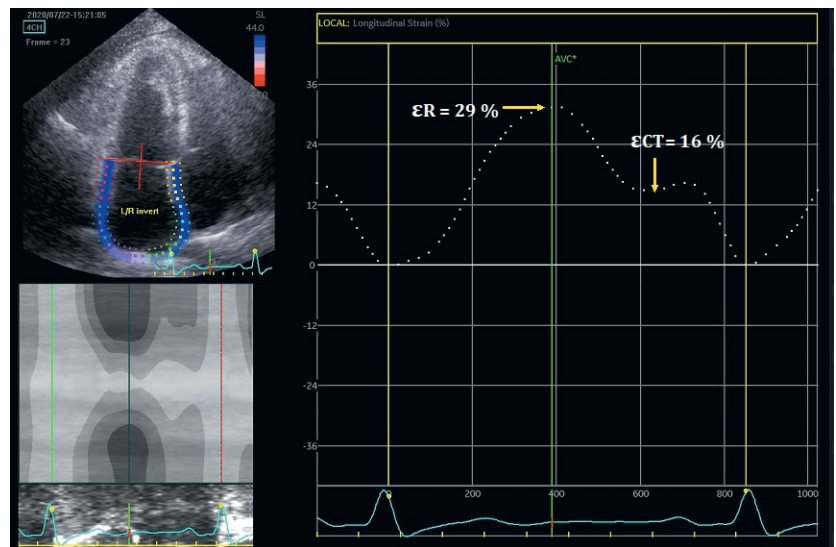


Рисунок 5. Пример сниженной глобальной продольной деформации ЛП у пациента 55 лет с жалобами на одышку при нагрузке с нормальной ФВ ЛЖ 57 % с небольшим увеличением ЛП (ИОЛП 36 мл/м^2 , E/e' 12, e' перегородки 8 см/с), что заставляет предполагать наличие ХСНсФВ. Метод регистрации от зубца R ЭКГ до зубца R: ϵ_{CT} 16 % — стрейн в контрактильную фазу; ϵ_R 29 % — стрейн в фазу накопления; ϵ_{CD} 13 % — стрейн в фазу протекания (рассчитывается как разница между ϵ_R и ϵ_{CT}).

оказалась сниженной в 71 % случаев, а среди пациентов СНсФВ с нормальным объемом ЛП, деформация ЛП была снижена почти у каждого второго пациента (48 %). Снижение деформации ЛП было ассоциировано с возрастом, большей частотой фибрилляции предсердий и гипертрофией ЛЖ, систолической дисфункцией левого и правого желудочка и степенью ДД ЛЖ. При этом не было показано зависимости деформации ЛП от ФК СН по NYHA. Деформация ЛП также оказалась ассоциированной с более высокой частотой госпитализаций из-за сердечной недостаточности. При однофакторном анализе наблюдалась ассоциация и с первичной конечной точкой, которая включала сердечно-сосудистую смерть, госпитализации из-за сердечной недостаточности и случаи

с неблагоприятными исходами, которые включали госпитализации вследствие сердечно-сосудистых причин или летальные исходы. Деформация ЛП в фазу накопления обладала более мощным как прогностическим, так и диагностическим потенциалом при сравнении с деформацией ЛЖ. Кроме этого, снижение деформации ЛП в фазу накопления ассоциировалось с такими факторами, как увеличенный объем ЛП, масса миокарда ЛЖ, сниженный сердечный выброс, давление в легочной артерии и легочное сосудистое сопротивление, сниженное максимальное потребление кислорода (VO_2), увеличенный мозговой натрийуретический пептид.

Особый интерес представляют данные у пациентов с СНсФВ

и нормальным объемом ЛП. В исследовании Morris и др. [18] было показано, что среди пациентов с нормальным индексом объема ЛП, но сниженной деформацией ЛП чаще регистрировался III или IV ФК по NYHA или госпитализации из-за декомпенсации ХСН на протяжении 2-х летнего наблюдения.

В недавно вышедшем систематическом обзоре и мета-анализе 22 исследований, включившем 1974 пациента с ХСНсФВ и 751 пациента контроль-

мации ЛП позволяет оценивать прогноз. Например, у больных ИМ без подъема сегмента ST оценка деформации ЛП является более ценным предиктором сердечно-сосудистых событий по сравнению с традиционными эхокардиографическими показателями [20]. У 405 пациентов со стабильной ХСНсФВ и синусовым ритмом продольная деформация ЛП в фазу накопления показала наибольшую предсказательную ценность по сравнению с другими па-

ров наблюдалось дальнейшее снижение при годичном наблюдении [22].

Хроническая сердечная недостаточность с промежуточной ФВ ЛЖ (ХСНпФВ)

Выделение этой формы ХСН в самостоятельную в 2016 году несомненно стимулировало проведение ряда исследований в этой категории пациентов, которая определенное время расценивалась как «серая» зона ХСН со сниженной ФВ.

Так в исследовании Saikhan и др. было показано, что у пациентов с ХСНпФВ наблюдалось достоверное снижение показателей продольной деформации ЛП как по сравнению с контрольной группой, так и по сравнению с пациентами с ХСНсФВ [23]. Это наблюдалось для всех проанализированных фаз деформации ЛП: для общей продольной деформации ЛП в фазу накопления (PALS), для деформации в фазу сокращения ЛП (PACS) и для деформации в фазу протекания, как разница между PALS и PACS. Имеет ли это значение для прогноза у пациентов с ХСНпФВ? Возможное прогностическое значение этого факта еще только предстоит установить. Хотя в недавно опубликованном исследовании Park и др. уже было показано прогностическое значение оценки продольной деформации ЛП (PALS) в достаточно большой группе пациентов ХСН ($n=3818$), госпитализированных в связи с обострением сердечной недостаточности, причем независимо от фенотипа ХСН по ФВ ЛЖ, то есть в том числе и среди пациентов с ХСНпФВ [24]. При многофакторном анализе среди пациентов с наименьшим тертилем продольной деформации ЛП была наибольшая смертность от всех причин и частота повторных госпитализаций из-за сердечной недостаточности (ОР 1,576, 95% ДИ 1,219–2,038; $P<0,001$). Конечно, эти данные являются только косвенным свидетельством в пользу прогностического значения снижения показателей продольной деформации ЛП у пациентов с ХСНпФВ.

Заключение

Анализ данных литературы и собственный опыт повседневного использования показателей деформации ЛП



Рисунок 6. Алгоритм диагностики ХСНсФВ у пациентов с симптомами и/или признаками, подозрительными на наличие сердечной недостаточности [15]. ФВ — фракция выброса, PALS — Публикуется с любезного разрешения автора.

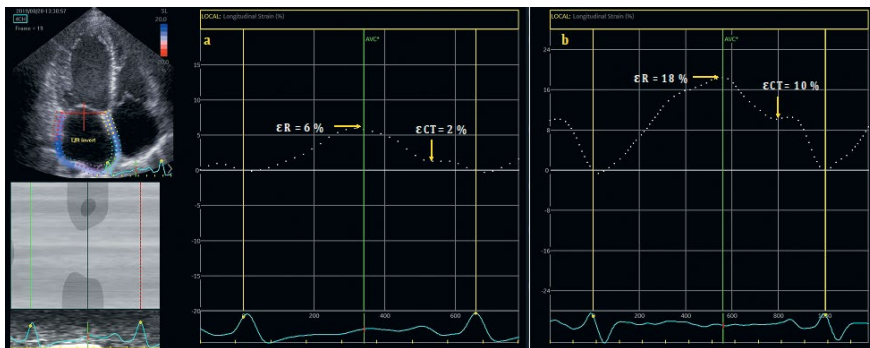


Рисунок 7. Пример глобальной продольной деформации ЛП у пациента 62 лет с низкой ФВ ЛЖ 33% в динамике на фоне лечения ХСН: до начала лечения (а) и после 3 месяцев (б). Метод регистрации от зубца R ЭКГ до зубца R: εCT — стрейн в контрактильную фазу; εR — стрейн в фазу накопления; εCD — стрейн в фазу протекания (рассчитывается как разница между εR и εCT).

ной группы, сниженная деформация ЛП в фазу накопления (ОР 1,24 (1,02–1,50); $p=0,03$) была связана с риском смерти от всех причин или госпитализаций из-за сердечной недостаточности [19].

Хроническая сердечная недостаточность с низкой ФВ ЛЖ (ХСНнФВ)

Применительно к пациентам с ХСНнФВ важно подчеркнуть два обстоятельства. Во-первых, оценка дефор-

метрами на протяжении 30 месячного наблюдения, независимо от объема ЛП и продольной сократимости ЛЖ [21].

Во-вторых, успешное лечение сопровождается и соответствующей динамикой показателей деформации ЛП (рис. 7). Например, у пациентов с ХСН после сердечной ресинхронизирующей терапии (СРТ) деформация ЛП существенно увеличивалась только у респондеров, в то время как у нереспонде-

у пациентов с ХСН позволяет предложить читателю таблицу, в которой представлено значение показателей деформации ЛП при различных формах ХСН.

Вопросительные знаки в табл. в строке, относящейся к ХСНпФВ вполне очевидны, так как значение показателей деформации ЛП в этой форме ХСН еще только предстоит выяснить. Однако, авторам представляется, что именно в этой группе пациентов будут сосредоточены и усилия исследователей и будет расширяться практика использования показателей деформации ЛП.

Таким образом, оценка деформации ЛП представляет собой еще один инструмент в арсенале современной эхокардиографии, который может быть успешно использован у пациентов с имеющейся или подозреваемой сердечной недостаточностью. Истинная ценность этого инструмента может быть установлена только при условии повседневного и широкого его использования, к чему и призывают авторы этой статьи практических врачей.

Список литературы:

1. D'Ascenzi F., Cameli M., Henein M., Iadanza A., Reccia R., Lisi M., Curci V., Sinicropi G., Torrisi A., Pierli C., Mondillo S. Left atrial remodelling in patients undergoing transcatheter aortic valve implantation: a speckle-tracking prospective, longitudinal study. *Int J Cardiovasc Imaging*. 2013 Dec;29(8):1717–24. doi: 10.1007/s10554-013-0265-z.
2. D'Andrea A., Padalino R., Cocchia R., Di Palma E., Riegler L., Scarafite R., Rossi G., Bianchi R., Tartaglione D., Cappelli Gigazzi M., Calabrò P., Citro R., Bossone E., Calabrò R., Russo M.G. Effects of transcatheter aortic valve implantation on left ventricular and left atrial morphology and function. *Echocardiography*. 2015 Jun;32(6):928–36. doi: 10.1111/echo.12808.
3. Badano L.P., Kolias T.J., Muraru D. et al. Standardization of left atrial, right ventricular, and right atrial deformation imaging using two-dimensional speckle tracking echocardiography: a consensus document of the EACVI/ASE/Industry Task Force to standardize deformation imaging. *Eur J Echocardiogr*. 2018;19(9):591–600.
4. Pathan F., D'Elia N., Nolan M.T., Marwick T.H., Negishi K. Normal Ranges of Left Atrial Strain by Speckle-Tracking Echocardiography: A Systematic Review and Meta-Analysis. *J Am Soc Echocardiogr*. 2017;30(1):59–70.e8. doi: 10.1016/j.echo.2016.09.007.
5. Aung S.M., Güler A., Güler Y., Huraibat A., Karabay C.Y., Akdemir I. Left atrial strain in heart failure with preserved ejection fraction. *Herz*. 2017 Apr;42(2):194–199. doi: 10.1007/s00059-016-4456-y.
6. Kurt M., Wang J., Torre-Amione G., Nagueh S.F. Left atrial function in diastolic heart failure.

Для цитирования: Алехин М.Н., Калинин А.О. Значение показателей продольной деформации левого предсердия у пациентов с хронической сердечной недостаточностью. Медицинский алфавит. 2020; (32):24–29. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2020-32-24-29>

Таблица
Значение показателей деформации ЛП при различных формах ХСН

Форма ХСН	Диагноз	Прогноз	Оценка лечения
ХСНсФВ ЛЖ	+	+	+
ХСНпФВ ЛЖ		+?	+?
ХСНнФВ ЛЖ		+	+

7. Sanchis L., Gabrielli L., Andrea R., Falces C., Duchateau N., Perez-Villa F., Bijns B., Sijtes M. Left atrial dysfunction relates to symptom onset in patients with heart failure and preserved left ventricular ejection fraction. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*. 2015 Jan;16(1):62–7. doi: 10.1093/ehjci/jeu165.
8. Hummel Y.M., Liu L.C.Y., Lam C.S.P., Fonseca-Munoz D.F., Damman K., Rienstra M., van der Meer P., Rosenkranz S., van Veldhuisen D.J., Voors A.A., Hoendermis E.S. Echocardiographic estimation of left ventricular and pulmonary pressures in patients with heart failure and preserved ejection fraction: a study utilizing simultaneous echocardiography and invasive measurements. *Eur J Heart Fail*. 2017 Dec;19(12):1651–1660. doi: 10.1002/ehf.957.
9. von Roeder M., Rommel K.P., Kowallick J.T., Blazek S., Besler C., Fengler K., Lotz J., Hasenfuß G., Lücke C., Gutberlet M., Schuler G., Schuster A., Lurz P. Influence of Left Atrial Function on Exercise Capacity and Left Ventricular Function in Patients With Heart Failure and Preserved Ejection Fraction. *Circ Cardiovasc Imaging*. 2017 Apr;10(4). pii: e005467. doi: 10.1161/CIRCIMAGING.116.005467.
10. Buggey J., Hoit B.D. Left atrial strain: measurement and clinical application. *Curr Opin Cardiol*. 2018 Sep;33(5):479–485. doi: 10.1097/HCO.0000000000000537.
11. Brecht A., Oertelt-Prigione S., Seeland U., Rütke M., Hättasch R., Wagelöhner T., Regitz-Zagrosek V., Baumann G., Knebel F., Stangl V. Left Atrial Function in Preclinical Diastolic Dysfunction: Two-Dimensional Speckle-Tracking Echocardiography-Derived Results from the BEFRI Trial. *J Am Soc Echocardiogr*. 2016 Aug;29(8):750–758. doi: 10.1016/j.echo.2016.03.013.
12. Reddy Y.N.V., Carter R.E., Obokata M., Redfield M.M., Borlaug B.A. A Simple, Evidence-Based Approach to Help Guide Diagnosis of Heart Failure With Preserved Ejection Fraction. *Circulation*. 2018 Aug 28;138(9):861–870. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.118.034646.
13. Pieske B., Tschöpe C., de Boer R.A., Fraser A.G., Anker S.D., Donal E., Edelmann F., Fu M., Guazzi M., Lam C.S.P., Lancellotti P., Melenovsky V., Morris D.A., Nagel E., Pieske-Kraigher E., Ponikowski P., Solomon S.D., Vasan R.S., Ruffen F.H., Voors A.A., Ruschitzka F., Paulus W.J., Seferovic P., Filippatos G. How to diagnose heart failure with preserved ejection fraction: the HFA-PEFF diagnostic algorithm: a consensus recommendation from the Heart Failure Association (HFA) of the European Society of Cardiology (ESC). *Eur Heart J*. 2019 Oct 21;40(40):3297–3317. doi: 10.1093/eurheartj/ehz641.
14. Pieske B., Tschöpe C., de Boer R.A., Fraser A.G., Anker S.D., Donal E., Edelmann F., Fu M., Guazzi M., Lam C.S.P., Lancellotti P., Melenovsky V., Morris D.A., Nagel E., Pieske-Kraigher E., Ponikowski P., Solomon S.D., Vasan R.S., Ruffen F.H., Voors A.A., Ruschitzka F., Paulus W.J., Seferovic P., Filippatos G. How to diagnose heart failure with preserved ejection fraction: the HFA-PEFF diagnostic algorithm: a consensus recommendation from the Heart Failure Association (HFA) of the European Society of Cardiology (ESC). *Eur J Heart Fail*. 2019 Oct 21;40(40):3297–3317. doi: 10.1093/eurheartj/ehz641.
15. Mandoli G.E., Sisti N., Mondillo S., Cameli M. Left atrial strain in left ventricular diastolic dysfunction: have we finally found the missing piece of the puzzle? *Heart Fail Rev*. 2020 May;25(3):409–417. doi: 10.1007/s10741-019-09889-9.
16. Shah A.M., Claggett B., Sweitzer N.K., et al. Prognostic Importance of Impaired Systolic Function in Heart Failure With Preserved Ejection Fraction and the Impact of Spironolactone. *Circulation*. 2015;132(5):402–414. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.115.015884.
17. Santos A.B., Roca G.Q., Claggett B., et al. Prognostic Relevance of Left Atrial Dysfunction in Heart Failure With Preserved Ejection Fraction. *Circ Heart Fail*. 2016;9(4): e002763. doi: 10.1161/CIRCHEARTFAILURE.115.002763.
18. Morris D.A., Belyavskiy E., Aravind-Kumar R., et al. Potential Usefulness and Clinical Relevance of Adding Left Atrial Strain to Left Atrial Volume Index in the Detection of Left Ventricular Diastolic Dysfunction. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2018;11(10):1405–1415. doi: 10.1016/j.jcmg.2017.07.029.
19. Khan M.S., Memon M.M., Murad M.H., Vaduganathan M., Greene S.J., Hall M., Triposkiadis F., Lam C.S.P., Shah A.M., Butler J., Shah S.J. Left atrial function in heart failure with preserved ejection fraction: a systematic review and meta-analysis. *Eur J Heart Fail*. 2020 Mar;22(3):472–485. doi: 10.1002/ehf.1643.
20. Shao C., Zhu J., Chen J., Xu W. Independent prognostic value of left atrial function by two-dimensional speckle tracking imaging in patients with non — ST-segment-elevation acute myocardial infarction. *BMC Cardiovasc Disord*. 2015 Nov 4;15:145. doi: 10.1186/s12872-015-0135-9.
21. Carluccio E., Biagioli P., Mengoni A., Francesca Cerasa M., Lauciello R., Zuchi C., Bardelli G., Alunni G., Coiro S., Gronda E.G., Ambrosio G. Left Atrial Reservoir Function and Outcome in Heart Failure With Reduced Ejection Fraction. *Circ Cardiovasc Imaging*. 2018 Nov;11(11): e007696. doi: 10.1161/CIRCIMAGING.118.007696.
22. Valzania C., Gadler F., Boriani G., Rapezzi C., Eriksson M.J. Effect of Cardiac Resynchronization Therapy on Left Atrial Size and Function as Expressed by Speckle Tracking 2-Dimensional Strain. *Am J Cardiol*. 2016 Jul 15;118(2):237–43. doi: 10.1016/j.amjcard.2016.04.042.
23. Al Saikhan L., Hughes A.D., Chung W.S., Alsharqi M., Nihoyannopoulos P. Left atrial function in heart failure with mid-range ejection fraction differs from that of heart failure with preserved ejection fraction: a 2D speckle-tracking echocardiographic study. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*. 2019 Mar 1;20(3):279–290. doi: 10.1093/ehjci/jez171.
24. Park J.H., Hwang I.C., Park J.J., Park J.B., Cho G.Y. Prognostic power of left atrial strain in patients with acute heart failure. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*. 2020 Feb 7. pii: jeaa013. doi: 10.1093/ehjci/jeaa013.

For citation: Alekhin M.N., Kalinin A.O. Value of indicators of longitudinal deformation of the left atrium in patients with chronic heart failure. *Medical alphabet*. 2020; (32):24–29. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2020-32-24-29>

Ошибки при проведении нагрузочного теста для диагностики ИБС: отрицательный результат при наличии трехсосудистого поражения коронарных артерий

Л. А. Попова, к.м.н., ст. научный сотрудник Центра диагностики и реабилитации заболеваний органов дыхания¹

Н. Л. Карпина, д.м.н.¹

М. И. Чушкин, д.м.н.¹

С. Ю. Мандрыкин, к.м.н.²

В. М. Янус, к.м.н.²

Н. В. Анохин²

П. В. Стручков, д.м.н., профессор, заведующий кафедрой клинической физиологии и функциональной диагностики³

¹ФГБНУ «Центральный научно-исследовательский институт туберкулеза», Москва

²Многопрофильный медицинский центр Банка России, Москва

³Академия постдипломного образования ФГБУ ФНКЦ ФМБА России, Москва

Errors during the exercise test for the diagnosis of Coronary heart disease: negative result in the presence of three-vessel coronary artery disease

L. A. Popova¹, N. L. Karpina¹, M. I. Chushkin¹, S. Y. Mandrykin², V. M. Janus², N. V. Anokhin², P. V. Struchkov³

¹Federal State Budgetary Scientific Institution 'Central Tuberculosis Research Institute'

²Multidisciplinary Medical Center of the Central Bank of Russian Federation, Moscow

³Academy of Postgraduate Education of Federal Medical Biological Agency, Moscow

Резюме

Нагрузочный тест с контролем ЭКГ традиционно является первым исследованием пациентов с подозрением на ИБС, как наиболее доступный, несмотря на то, что его чувствительность и специфичность составляют 68 % и 77 %, соответственно. Представлено описание клинического случая многососудистого поражения коронарных артерий у пациента с отрицательным результатом стресс-ЭКГ-теста.

Ключевые слова: нагрузочный тест, ИБС, депрессия сегмента ST, прекращение теста с физической нагрузкой.

Summary

The exercise ECG test is traditionally the first choice in patients with suspected CHD, as the most accessible, despite the fact that its sensitivity and specificity are 68 % and 77 %, respectively. Description of a clinical case of multivessel coronary artery disease in a patient with a negative result of exercise ECG test is presented.

Key words: exercise testing, coronary artery disease, depression of segment ST, termination of exercise Testing.

Физическая нагрузка является идеальным и естественным видом провокации, позволяющим оценить полноценность компенсирующих механизмов и степень тяжести патологии. Основной областью применения нагрузочных проб с ЭКГ контролем является диагностика ишемической болезни сердца (ИБС). Однако нагрузочный ЭКГ-тест не является «золотым стандартом» диагностики ИБС. Это скрининговый метод, который позволяет определить вероятность наличия у пациента стенозирующего атеросклероза коронарных артерий [1, 2]. Положительный результат нагрузочного теста не всегда показывает наличие атеросклероза коронарных сосудов, а отрицательный результат не всегда показывает отсутствие болезни [3].

Традиционно, при нагрузочном ЭКГ-тесте изменения сегмента ST (горизонтальная или косонисходящая депрессия более 1 мм от исходного уровня) используют как основной признак ишемии миокарда. В мета-анализе было показано, что чувствительность и специфичность депрессии сегмента ST в качестве критерия

положительной пробы в диагностике атеросклероза коронарных артерий (сужение более 50 % по меньшей мере одной артерии) составляют 68 % (23–100 %) и 77 % (17–100 %), соответственно [4, 5].

Чем тяжелее атеросклеротическое поражение коронарных сосудов, тем больше вероятность возникновения депрессии сегмента ST при нагрузочном тесте. В мета-анализе было показано, что чувствительность и специфичность нагрузочного теста в диагностике многососудистого поражения или поражения главного ствола левой коронарной артерии составила 81 % (40–100 %) и 66 % (17–100 %), соответственно [6].

Так, у мужчин при сужении на 70 % одного сосуда вероятность депрессии ST максимальном нагрузочном тесте составляет 50–60 %, двух — 65 %, трех — 78 %. При поражении главного ствола вероятность депрессии ST составляет 85 %. Увеличение величины депрессии ST увеличивает вероятность наличия атеросклероза коронарных артерий. В частности, у мужчин старше 45 лет со стенокардией возникновение депрессии ST более 1 мм

показывает вероятность атеросклероза 90%; при депрессии ST более 1,5 мм вероятность составляет 94–95%; при депрессии более 2 мм — 98% [7].

Чувствительность и специфичность нагрузочного теста с визуализацией (например, нагрузочный тест с эхокардиографией) в диагностике ИБС значительно выше и составляет 80–85% и 80–88%, соответственно [5].

Мы приводим клинический пример отрицательного результата нагрузочного теста с ЭКГ-контролем у больного с трехсосудистым поражением коронарных артерий.

Больной Т., 56 лет, в декабре 2016 г. обратился с жалобами на одышку при физической нагрузке (быстрая ходьба, подъем по лестнице, ходьба в холодную погоду), проходящая в течение короткого времени после прекращения нагрузки. В течение 10 лет артериальная гипертензия, на фоне приема антигипертензивных препаратов (амлодипин, лизиноприл) АД на уровне 130/90 мм рт. ст. При первичном осмотре: пациент повышенного питания (рост 171 см, вес 112 кг, индекс массы тела 38,3). В анализах крови (декабрь, 2016): глюкоза 4,0 ммоль/л, триглицериды 4,56 ммоль/л, холестерин общий 4,92 ммоль/л, липопротеиды высокой плотности 0,96 ммоль/л, липопротеиды низкой плотности 2,72 ммоль/л. Проводилась терапия: Валсартан 160 мг/сутки, Тромбо Асс 100 мг/сутки. Пациент был направлен на нагрузочный тест. Велоэргометрия проводилась в положении лежа, давалась непрерывно-возрастающая ступенчатая нагрузка с начальной мощностью 50 Вт, увеличение мощности второй ступени на 50 Вт, увеличение мощности каждой следующей ступени на 25 Вт, продолжительность каждой ступени — 3 минуты; максимальная мощность нагрузки составила 150 Вт, продолжительность нагрузки 12 минут. На максимальной нагрузке ЧСС составила 144 уд. в мин, АД 220/100 мм рт. ст. Проба прекращена в связи с достижением 87% от максимальной расчетной ЧСС для данного возраста, при этом на ЭКГ регистрировалась косовосходящая депрессия сегмента ST максимально до 0,8 мм от исходного уровня в отведениях II, aVF, V6. Болей в области сердца при нагрузке больной не отмечал. На 3-й минуте восстановления в отведениях I, aVL, V5–V6 выявлена депрессия сегмента ST (максимально до 0,9 мм), в отведениях I, aVL косонисходящего характера (наклон сегмента ST максимально до -0,7 мВ/с), в отведениях V5–V6 депрессия горизонтального характера (наклон сегмента ST максимально до -0,6 мВ/с). После прекращения нагрузки ЭКГ восстановилась до исходного на 6 минуте отдыха. Заключение: толерантность к физической нагрузке высокая (150 Вт; 5,3 МЕТ). I ФК по классификации NYHA. Достигнутая ЧСС (144 уд/мин) составляет 87% от максимальной расчетной. Проба на скрытую коронарную недостаточность отрицательная. Восстановительный период — 6 минут. Отмечена реакция артериального давления по гипертоническому типу. Риск развития неблагоприятных событий низкий (менее 1%). (сохранен оригинал описания заключения) (рис. 1 «А» и «В»).

При ЭХО-КГ по данным анамнеза (2016 г.) нарушения локальной сократимости не выявлены. Глобальная систолическая функция ЛЖ не нарушена, фракция выброса 70%. Причиной одышки посчитали избыточный вес. Дополнительного обследования и лечения не было назначено.

Летом 2017 г. пациент перенес тяжелый приступ выраженной слабости, сопровождающийся тошнотой, холодным липким потом, купировавшийся самостоятельно, за медицинской помощью не

обращался. После приступа выраженность одышки усилилась, и пациент вновь обратился в лечебное учреждение, где в октябре 2017 г. выполнено радиоизотопное исследование сердца, при котором выявлены реверсивные дефекты перфузии в области верхушки, а также задней и боковой стенок (SSS 18). При коронарографии от 12.12.2017 г. были выявлены изменения: передняя межжелудочковая артерия (ПМЖВ) — в проксимальной и средней трети протяженный бифуркационный стеноз с максимальной степенью сужения 99%; огибающая ветвь (ОВ) левой коронарной артерии (ЛКА) — вторая ветвь тупого края окклюзирована в проксимальной трети; правая коронарная артерия (ПКА) — проксимальная и средняя треть стенозированы на всем протяжении до 50% с переходом в окклюзию; индекс SYNTAX — 31.

Подробно анамнез и результаты коронарографии описаны в другой статье [8].

При ЭХО-КГ в этот период (2017 г.) изменений локальной сократимости не выявлены. Глобальная систолическая функция ЛЖ не нарушена, фракция выброса 68%. Больной госпитализирован с диагнозом ИБС, стенокардия II фк. Атеросклероз коронарных артерий: окклюзия ПКА, 2-й ВТК ЛКА, субтотальный стеноз проксимального сегмента ПМЖВ ЛКА. В последующем было выполнено стентирование ПМЖВ с хорошим клиническим эффектом.

Недостаточная чувствительность нагрузочного теста с контролем ЭКГ является причиной того, что в качестве начального теста все чаще используют нагрузочный тест с визуальным контролем (стресс-ЭХО, радиоизотопное исследование). Европейское общество кардиологов рекомендует использовать нагрузочный

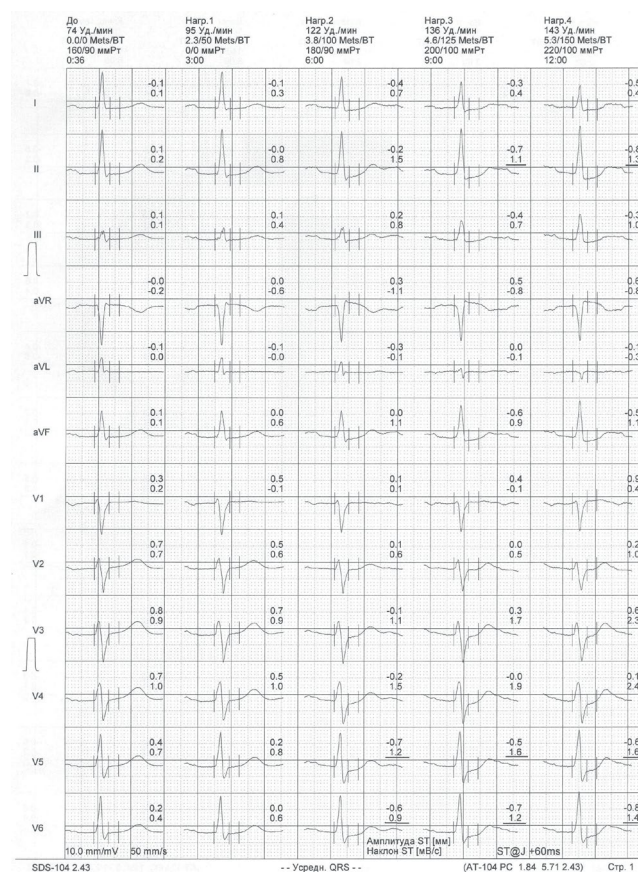


Рисунок 1 А. Нагрузочный тест с ЭКГ- контролем; начало.

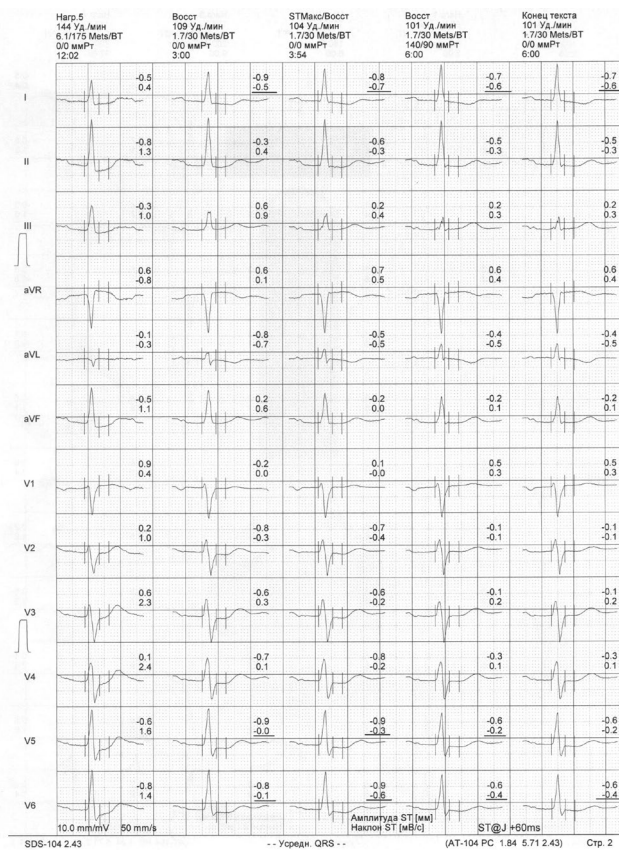


Рисунок 1В. Нагрузочный тест с ЭКГ-контролем; продолжение.

тест с визуализацией в качестве начального теста для диагностики ИБС, если есть возможность и достаточная квалификация специалистов [5].

Анализ 4692 тестов показал, что в 67,3% случаев для диагностики ИБС используют нагрузочный тест с радиоизотопным исследованием, в 22,5% случаев — стресс ЭХО и только в 10,2% случаев для диагностики ИБС используют нагрузочный тест с ЭКГ контролем [9].

При использовании нагрузочного теста с ЭКГ контролем для получения максимально достоверной информации необходимо выполнение симптом-лимитированного протокола [5]. Достижение 85% от максимальной ЧСС, что часто используют для остановки теста, не является признаком максимального усилия и использование данного критерия как показания для остановки теста нецелесообразно [10]. Другие возможные причины ложноотрицательных результатов нагрузочного теста представлены в таблице 1.

У пациентов с положительным нагрузочным тестом, которые выполнили нагрузку на уровне более 85% от максимальной должной ЧСС, только в 62% случаев депрессия сегмента ST появилась до достижения этого порога [12].

Достижение 100% от максимальной должной ЧСС может служить относительным критерием для прекращения нагрузочного теста [2, 13].

Чувствительность теста увеличивается, если пациента сразу после прекращения нагрузки перевести в положение сидя или лежа (без вращения педалей или ходьбы) [11].

В нашем примере преждевременное прекращение нагрузки (по достижении 85% от максимального должного значения ЧСС)

способствовало ложноотрицательному результату. Возможно, что достижение ЧСС более 90% от должной максимальной величины могло бы привести к депрессии сегмента ST более 1 мм и, соответственно, к заключению о положительной пробе на коронарную недостаточность (в данном примере зафиксирована максимальная депрессия ST на 0,9 мм в отведениях V5–V6 на 3-й минуте восстановления).

Прекращение теста по достижению 85% от должной максимальной ЧСС снижает чувствительность теста и является одной из частых причин ложноотрицательных результатов [11]. В результате существующая атеросклеротическая бляшка остается нераспознанной, а необходимое лечение (статины, аспирин) не назначают и риск разрыва бляшки остается повышенным. В данном случае, приступ мог быть связан с окклюзией ПКА или ветви ОА, что могло привести к непредсказуемым последствиям.

Комплекс QRST при нагрузочном тесте имеет ещё одну характеристику, которую, помимо амплитуды депрессии сегмента ST, следует учитывать при анализе результатов нагрузочного теста — наклон сегмента ST (рис. 2).

Фрагмент итогового протокола нагрузочного теста с двумя характеристиками. Амплитуда сегмента ST (измеряют в мм) показывает отклонение сегмента ST от изолинии (подъем или депрессию); наклон сегмента ST (измеряют в мВ/с) свидетельствует о его характере (косовосходящий, горизонтальный, косонисходящий).

Наклон сегмента ST показывает его характер (косовосходящий, горизонтальный, косонисходящий). Патологическим считают депрессию сегмента ST горизонтального или косонисходящего характера (т. е. с наклоном 0,5 мВ/с и менее). Таким образом, косовосходящий характер депрессии сегмента ST наблюдают при наклоне более 0,5 мВ/с; горизонтальный — при наклоне от 0,5 до —0,5 мВ/с, а косонисходящий — при наклоне менее —0,5 мВ/с [14].

Таблица 1
Причины ложноотрицательных результатов нагрузочного теста в диагностике атеросклероза коронарных артерий [11]

1	Неспособность или невозможность достижения ишемического порога. Наиболее частой причиной ложноотрицательного результата является преждевременная остановка теста. Например, на уровне 85% от должной максимальной ЧСС или менее 25000 двойного произведения.
2	Недостаточное число отведений ЭКГ для диагностики ишемии. Чаще всего при использовании двухполярных отведений
3	Неспособность выявить другие признаки и симптомы ишемии (гипотензия, хронотропная недостаточность).
4	Атеросклероз коронарных сосудов, компенсированный развитием коллатералей. Чаще всего у бывших спортсменов
5	Выполнение нагрузки ограничено патологией костно-мышечного аппарата
6	Техническая ошибка или ошибка исследователя

Другие авторы считают, что признаком косонисходящей депрессии является наклон сегмента ST от —0,7 мВ/с до —1 мВ/с и менее [15].

Депрессию сегмента ST косонисходящего характера часто наблюдают при многососудистом поражении или поражении главного ствола левой коронарной артерии. Так, в работе N. Goldschlager [16] анализировали характер депрессии и тяжесть атеросклеротического поражения коронарных сосудов. В этой

работе при наличии косонисходящей депрессии из 123 пациентов в 56% случаев наблюдали трехсосудистое поражение и только у одного (в 1% случаев) были нормальные коронарные сосуды. Из 123 у 21 пациента депрессию наблюдали в течении нагрузки и у 102 пациентов — только в течении восстановительного периода. Авторы сделали вывод, что при косонисходящей депрессии тяжесть поражения коронарных сосудов значительно хуже, чем при горизонтальной или косовосходящей депрессии. В то же время даже при отсутствии депрессии сегмента ST, в 35% случаях выявили значительное атеросклеротическое поражение коронарных сосудов (рис. 3).

Поэтому при наличии депрессии сегмента ST косонисходящего характера, даже если она не превышает 1 мм (0,5–1 мм), целесообразно выполнение дополнительных исследований для исключения атеросклеротического поражения коронарных сосудов.

В данном случае наблюдали депрессию сегмента ST косонисходящего характера, что является достоверным признаком атеросклеротического поражения.

Заключение

Представленный клинический случай свидетельствует о возможной неадекватной оценке результатов нагрузочного теста. Частой причиной ошибок является раннее прекращение физической нагрузки (по достижению 85% от должной максимальной ЧСС). Для диагностики ИБС использование показателя ЧСС 85% от максимальной должной величины как критерия для прекращения теста не всегда целесообразно, предпочтительным является выполнение симптом-лимитированного протокола. Наличие косонисходящей депрессии сегмента ST является высоко достоверным признаком атеросклероза коронарных артерий, поэтому при её наличии следует использовать дополнительные методы обследования. Поскольку чувствительность тестов с визуализацией значительно выше, чем теста с контролем ЭКГ, в данном случае, использование стресс-теста с визуализацией возможно было более целесообразно.

Конфликт интересов: все авторы заявляют об отсутствии потенциального конфликта интересов, требующего раскрытия

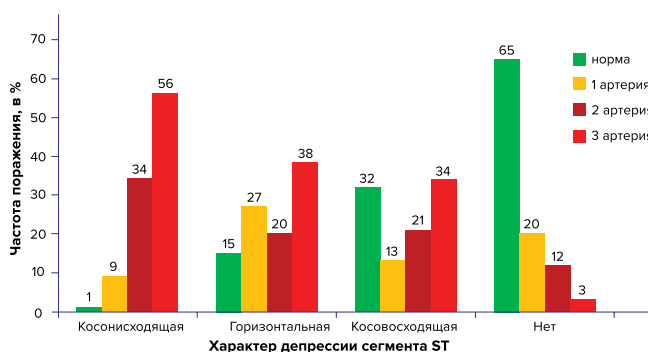


Рисунок 3. Зависимость тяжести атеросклероза от характера депрессии ST. По горизонтали представлен характер сегмента ST, по вертикали — частота атеросклеротического поражения коронарных артерий. На рисунке представлен характер поражения коронарных сосудов в зависимости от типа депрессии сегмента ST. Цифрами указан процент атеросклеротического поражения.

Для цитирования: Попова Л.А., Карпина Н.Л., Чушкин М.И., Мандрыкин С.Ю., Янус В.М., Анохин Н.В., Стручков П.В. Ошибки при проведении нагрузочного теста для диагностики ИБС: отрицательный результат при наличии трехсосудистого поражения коронарных артерий. Медицинский алфавит. 2020; (32):30–33. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2020-32-30-33>

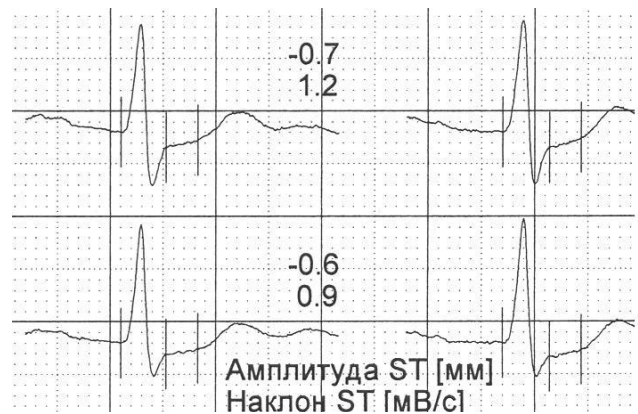


Рисунок 2. Характеристики сегмента ST (амплитуда, наклон) при нагрузочном тесте.

в данной статье. Conflict of Interest: none.

Статья подготовлена в ходе выполнения темы НИР 0515–2019–0019.

Список литературы:

1. Аронов Д.М., Лупанов В.П. Функциональные пробы в кардиологии. — М.: МЕДпресс-информ, 2003. — 2-е изд. — 296с.
2. Руководство по функциональной диагностике болезней сердца. Научно-практическое пособие по кардиологии / Сыркин А.А., Полтавская М.Г., Новикова Н.А., Седов В.П и др — М.: Золотой Стандарт, 2009. — 368с.
3. Chung E.K. Exercise Electrocardiography: Practical Approach 2nd Edition, 1983.
4. Gianrossi R., Detrano R., Mulvihill D., et al. Exercise-Induced ST Depression in the Diagnosis of Coronary Artery Disease: A Meta-Analysis. *Circulation*. 1989;80:87–98.
5. Montalescot G., Sechtem U., Achenbach S., et al. 2013 ESC guidelines on the management of stable coronary artery disease: the Task Force on the management of stable coronary artery disease of the European Society of Cardiology. *Eur Heart J*. 2013;34(38):2949–3003. doi: 10.1093/eurheartj/ehd296.
6. Detrano R., Gianrossi R., Mulvihill D., et al. Exercise-Induced ST Segment Depression in the Multivessel Coronary Disease: A Meta Analysis. // *J Am Coll Cardiol*. 1989;14:1501–1508.
7. Ellestad M.H., *Stress Testing: Principles and Practice*, Fifth Edition, 2003.
8. Чушкин М.И., Мандрыкин С.Ю., Янус В.М., Анохин Н.В., Попова Л.А., Стручков П.В. Отрицательный результат нагрузочного теста у больного с трехсосудистым поражением коронарных артерий. *Кардиология*. 2020;60(3):149–153. <https://doi.org/10.18087/cardio.2020.3.n570>
9. Douglas P.S., Hoffmann U., Patel M.R., Mark D.B., Al-Khalidi H.R., Cavanaugh B., et al. Outcomes of anatomical versus functional testing for coronary artery disease. *N Engl J Med*. 2015;372:1291–300. doi: 10.1056/NEJMoa1415516.
10. Fletcher G.F., Ades P.A., Kligfield P., et al. Exercise standards for testing and training: a scientific statement from the American Heart Association. *Circulation*. 2013;128(8):873–934. doi: 10.1161/CIR.0b013e31829b5b44.
11. American College of Sport Medicine's Guidelines for Exercise Testing and Prescription, 10 ed, 2018.
12. Jain M., Nkonde C., Lin B.A., Walker A., Wackers F.J. 85% of maximal age-predicted heart rate is not a valid endpoint for exercise treadmill testing. *J Nucl Cardiol*. 2011;18(6):1026–35. doi: 10.1007/s12350-011-9454-0
13. Gibbons R.J., Balady G.J., Beasley J.W., Bricker J.T., Duvernoy W.F., Froelicher V.F., Mark D.B., Marwick T.H., McCallister B.D., Thompson P.D. Jr., Winters W.L., Yanowitz F.G., Ritchie J.L., Cheitlin M.D., Eagle K.A., Gardner T.J., Garson A. Jr., Lewis R.P., O'Rourke R.A., Ryan T.J. ACC/AHA Guidelines for Exercise Testing. A report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines (Committee on Exercise Testing). *J Am Coll Cardiol*. 1997 Jul;30(1):260–311. doi: 10.1016/s0735-1097(97)00150-2.
14. Braunwald's heart disease? a textbook of cardiovascular medicine / edited by Douglas L. Mann, Douglas P. Zipes, Peter Libby, Robert O. Bonow, Eugene Braunwald. — 10th edition, p. 2012.
15. Beller G.A. [ed]: *Chronic Ischemic Heart Disease*. In Braunwald E [series ed]: *Atlas of Heart Diseases*. Vol 5. *Chronic Ischemic Heart Disease*. Philadelphia, Current Medicine, 1995, pp 2.1–2.30.
16. Goldschlager N., Selzer A., Cohn K. Treadmill stress tests as indicators of presence and severity of coronary artery disease. *Ann Intern Med*. 1976;85(3):277–86. PMID: 962219

For citation: Popova L.A., Karpina N.L., Chushkin M.I., Mandrykin S.Y., Janus V.M., Anokhin N.V., Struchkov P.V. Errors during the exercise test for the diagnosis of Coronary heart disease: negative result in the presence of three-vessel coronary artery disease. Medical alphabet. 2020; (32):30–33. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2020-32-30-33>

Интраоперационное моторное картирование: влияние общих анестетиков на возбудимость коры

М. В. Александров, д.м.н., профессор, врач функциональной диагностики высшей категории, заведующий отделением клинической нейрофизиологии, ведущий научный сотрудник^{1,2}

И. А. Костенко, заведующая кабинетом нейрокогнитивных исследований¹

О. А. Топоркова, врач функциональной диагностики отделения клинической нейрофизиологии¹

Р. В. Назаров, к.м.н., заведующий отделением нейрореанимации³

М. М. Тастанбеков, д.м.н., заведующий НИЛ нейроонкологии¹

В. С. Черный, д.м.н., ведущий научный сотрудник²

¹РНХИ им. проф. А. Л. Поленова (филиал ФГБУ «НМИЦ им. В. А. Алмазова» Минздрава России), Санкт-Петербург

²ФГБУН «Институт токсикологии» ФМБА России, Санкт-Петербург

³ФГБУЗ «Клиническая больница №122 им. Л. Г. Соколова» ФМБА России, Санкт-Петербург

Intraoperative neurophysiological mapping: the effect of general anaesthetic impact on brain cortex affectability

M. V. Aleksandrov^{1,2}, I. A. Kostenko¹, O. A. Toporkova¹, R. V. Nazarov³, M. M. Tastanbekov¹, V. S. Chernyi²

¹Almazov National Medical Research Centre, Saint-Petersburg, Russia

²Institute of Toxicology of Federal Medical and Biological Agency, Saint-Petersburg, Russia

³L. G. Sokolov Memorial Hospital № 122 of Federal Medical and Biological Agency, Saint-Petersburg, Russia

Резюме

В основе интраоперационного картирования моторной коры лежит возбудимость нейронов коры при действии электрического тока, которая во многом зависит от механизма действия и дозы общего анестетика. Целью исследования был анализ электрической возбудимости коры головного мозга при интраоперационном моторном картировании при общей анестезии пропофолом и севофлюраном. Работа выполнена в ходе обследования и хирургического лечения 63 больных (мужчины/женщины 25/38, возраст 21–69 лет) с внутричерепными образованиями (глиальные опухоли, метастазы, кавернозные мальформации), проходивших лечение в РНХИ им. проф. А. Л. Поленова. Пороговая сила тока стимуляции моторной коры при выполнении картирования на фоне ингаляционного наркоза севофлюраном значительно выше, чем при внутривенной анестезии пропофолом. При внутривенной анестезии пропофолом в дозах, вызывающих подавление спонтанной биоэлектрической активности коры, происходит резкое снижение возбудимости моторной коры при прямой электростимуляции. Ингаляционный анестетик севофлюран вызывает равномерное дозозависимое увеличение пороговой силы тока при выполнении интраоперационного картирования моторной коры, что обусловлено угнетением возбудимости корковых нейронов и проводимости в нервной системе.

Ключевые слова: биоэлектрическая активность головного мозга, интраоперационный нейрофизиологический мониторинг, моторное картирование, общая анестезия, севофлюран, пропофол.

Summary

Neuron irritation lies at the heart of intraoperative motor mapping and varies with the general anaesthetic type and dose. Basing on the analysis of 63 cases (male/female 25/38, aged 21–69) of brain tumors (glial tumors, metastasis, cavernous angiomas) the study explores the role of propofol and sevoflurane in the affectability of cortex neurons during the intraoperative neurophysiological mapping. The study has clearly demonstrated that the liminal current strength is notably higher when inhalation anaesthesia (sevoflurane) is used, than in the case of TIVA (propofol). The propofol activity in the doses causing brain activity depression results in a sharp increase in the excitability threshold. In contrast, sevoflurane causes a steady dose-related rise in the liminal current strength during the motor area galvanic stimulation due to the suppression of affectability and conduction in the nervous system.

Key words: intraoperative neurophysiological monitoring, motor mapping, bioelectrical brain activity, general anesthesia, sevoflurane, propofol.

Стремление к увеличению радикальности удаления новообразований, расположенных в опасной близости к двигательным зонам коры мозга, существенно увеличивает риск появления послеоперационного моторного неврологического дефицита в результате хирургического повреждения этой области мозга. Для интраоперационной локализации зон представительства двигательных мышц выполняется моторное картирование. Интраоперационное моторное картирование (МК) — нейрофизиологическая методика, основанная на прямой электростимуляции моторной коры и регистрации вызванных двигательных ответов в мышцах-мишенях. Она позволяет уточнить границы проекционного центра произвольных движений (моторной коры) в прецентральной извилине и, таким образом, снизить риск развития послеоперационных двигательных нарушений [3, 8, 10, 12]. В основе интраоперационного МК лежит возбудимость нейронов коры, которая, безусловно, во многом зависит от механизма действия и дозы общего анестетика.

Целью исследования был анализ электрической возбудимости коры головного мозга при интраоперационном моторном картировании при общей анестезии пропофолом и севофлюраном у больных с новообразованиями в области центральных извилин.

Материалы и методы

В основу работу положен анализ результатов обследования и хирургического лечения 63 больных (мужчины/женщины 25/38, возраст 21–69 лет, индекс массы тела < 35 кг/м²) с патологическими процессами (глиальные новообразования, метастатические опухоли, кавернозные мальформации), расположенными в области центральных извилин мозга. Все больные проходили лечение в РНХИ им. проф. А. Л. Поленова в 2016–2019 годах.

Нейрохирургическое оперативное лечение включало костнопластическую трепанацию черепа, резекцию патологическо-

го образования с различной степенью радикальности. В зависимости от вида общей анестезии больные были разделены на две группы. В первой группе (37 больных) оперативное вмешательство проводилось по протоколу тотальной внутривенной анестезии пропофолом в дозах от 3 до 7 мг/кг час для поддержания анестезии. В 26 случаях (группа 2) в качестве ингаляционного анестетика использовался севофлюран в дозах от 0,5 до 1,2 МАК (минимальная альвеолярная концентрация). В некоторых случаях доза анестетика менялась сообразно задачам этапа операции. Такие случаи включались в модель как самостоятельные наблюдения, выполненные при разных дозах анестетика. В итоге в исследование вошли 50 наблюдений с проведением общей анестезии пропофолом и 37 случаев, когда анестезия выполнялась севофлюраном при разных уровнях дозы анестетика.

Обследованные группы были сопоставимы по полу, возрасту, антропометрическим параметрам, тяжести состояния (табл. 1). Различия между группами по указанным параметрам не были статистически значимыми ($p < 0,05$).

Особенностью проведения общей анестезии в обеих группах было ограничение введения миорелаксантов в связи с необходимостью сохранения оптимального уровня нервно-мышечной передачи для получения вызванных моторных ответов с мышц-мишеней при картировании моторной коры. В этой связи использовались только миорелаксанты короткого действия на этапе вводного наркоза. Уровень нервно-мышечной передачи контролировался с помощью методики TOF (train-of-four). Стимуляция выполнялась пачкой из четырех электрических стимулов длительностью 500 мкс интенсивностью 30–50 мА (выше моторного порога), подаваемых с частотой 1–2 Гц. Стимуляционные игольчатые электроды располагались в проекции *n. medianus*. Регистрация осуществлялась игольчатыми электродами, установленными на *m. abductor pollicis brevis*. Определялось отношение (в %) амплитуд первого и четвертого М-ответов. В обеих группах стимуляция моторной коры выполнялась при уровне TOF не ниже 65 %.

Обязательным условием проведения высокотехнологичного нейрохирургического лечения внутримозговых патологических новообразований является применение интраоперационного нейрофизиологического полимодального мониторинга. Основой мониторинга при удалении опухолей в области центральных извилин было картирование моторной коры, электроэнцефалография (ЭЭГ) и электрокортикография (ЭКоГ). Регистрация нейрофизиологических параметров выполнялась на аппаратно-программном комплексе «IOM ISIS» (Inomed, Германия).

Интраоперационное МК проводили путём прямой электрической стимуляции коры биполярным методом. Стимуляция проводилась пачкой из 4 стимулов длительностью 50 мкс каждый, межстимульный интервал — 4 мс. Начальная сила тока составляла 1 мА, в дальнейшем её постепенно увеличивали с шагом 0,5–1,0 мА до появления устойчивых воспроизводимых вызванных потенциалов в мышцах-мишенях на контралатеральной стороне тела: *mm. orbicularis oris, orbicularis oculi, deltoideus, triceps brachii, brachioradialis, abductor pollicis brevis, abductor digiti minimi, quadriceps femori, gastrocnemius, tibialis anterior, abductor hallucis*. Моторные вызванные потенциалы (М-ответы) регистрировали с помощью подкожных игольчатых

электродов. Минимальная сила тока, вызвавшая устойчивый воспроизводимый ответ при стимуляции коркового представительства мышц-мишеней, определялась как пороговая сила тока стимуляции (мА). Сила тока при стимуляции не превышала 30 мА. В случае, если моторный ответ не был получен при данном значении, констатировали отсутствие моторной зоны в исследуемой области, о чём сообщалось хирургу. В исследование включены только те наблюдения, при которых хотя бы с одной зоны моторной коры были получены двигательные ответы мышц-мишеней контралатеральных конечностей.

Регистрация ЭЭГ и ЭКоГ выполнялась для контроля уровня анестезии, а также для верификации эпилептической активности как предиктора развития эпилептического приступа при прямой электрической стимуляции коры [3, 4, 5, 9]. ЭЭГ регистрировали игольчатыми электродами в отведениях F3, F4, C3, C4, O1, O2 по Международной системе «10–20». Паттерн оценивался в биполярных продольных полушарных отведениях и в монополярных отведениях относительно объединенного референта АА. Полоса пропускания от 1,6 до 35 Гц. ЭКоГ регистрировалась биполярно электродными сетками 2x4 (AdTech, США) над доступными из операционного доступа областями коры мозга. Полоса пропускания от 1,6 до 35 Гц.

Для оценки глубины угнетения механизмов генерации биоэлектрической активности головного мозга при общей анестезии оценивалась непрерывность паттернов ЭКоГ и ЭЭГ по следующей шкале: 0 — непрерывный паттерн (отсутствие эпох подавления сигнала и эпох снижения амплитуды активности более, чем в 2 раза); 1 — периодический паттерн по типу «вспышка-подавление» (чередование периодов активности с эпохами глубокой депрессии сигнала для ЭЭГ менее 10 мкВ, для ЭКоГ менее 20 мкВ длительностью более 0,5 с) [2].

Для оценки эффективности МК анализировали динамику двигательного дефицита (парезов и параличей) у пациентов обеих групп в раннем послеоперационном периоде относи-

Таблица 1
Характеристика обследованных групп (медиана
(интерквартильная широта)

	Внутривенная анестезия пропофолом (n=37)	Ингаляционная анестезия севофлюраном (n=26)
Мужчины/Женщины	15/22	12/14
Возраст, лет	48 (28–64)	56 (36–68)
Первичные внутриполусферные опухоли/Метастазы/Кавернозные мальформации	29/3/8	18/2/6
Максимальный размер патологического образования по данным МРТ, мм	34,5 (22,5–41,5)	28,0 (21,5–39,0)
Функциональный статус по шкале Karnofsky (баллы): при поступлении	70 (60–90)	70 (60–80)
через 10 сут. после операции	70 (60–90)	70 (60–80)
Выраженность двигательных нарушений (баллы): при поступлении	4,5 (3,4–5,0)	4,4 (3,8–5,0)
через 10 сут. после операции	4,8 (3,5–5)	4,7 (3,5–5,0)

Таблица 2

Влияние вида анестезии на пороговую силу тока прямой стимуляции коры при выполнении интраоперационного моторного картирования

Общий анестетик	Паттерн ЭКоГ	Кол-во наблюдений	Пороговая сила тока, мА	Коэффициент корреляции «доза-сила тока»
Пропофол	Непрерывный	22	11,9±2,3*#	0,21
	Периодический	28	16,0±2,7*	0,81
Севофлюран	Непрерывный	18	23,1±2,1#	0,42
	Периодический	19	26,8±2,4	0,44

Примечание: * — различия между параметром «пороговая сила тока», регистрируемым при разном виде анестезии при аналогичном паттерне ЭКоГ, имеют высокую достоверность ($p < 0,001$, $t > 20$ для всех сравниваемых пар); # — различия между параметром «пороговая сила тока», регистрируемым при одном виде анестезии при разных паттернах ЭКоГ, имеют высокую достоверность ($p < 0,001$, $t > 9$ для всех сравниваемых пар).

тельно дооперационного уровня. Сила активных движений в конечностях оценивалась по общепринятой шестибалльной шкале (0 баллов — плегия; 5 баллов — полная мышечная сила). В анализ была включена выраженность моторного дефицита при поступлении и в раннем послеоперационном периодах.

Всем пациентам до оперативного вмешательства и в первые 48 часов после него выполнялась МРТ головного мозга с контрастным усилением.

Статистическая обработка полученных результатов проводилась с использованием методов вариационной статистики. Данные представлены в формате $\bar{X} \pm \sigma$ (среднее ± стандартное отклонение). Достоверность различий оценивали с помощью t-критерия Стьюдента для несвязанных парных выборок. Для оценки уровня сопряжения исследуемых параметров использован метод корреляционного анализа по Пирсону. Полученные данные были обработаны с помощью программной системы STATISTICA 64.

Результаты

Эффективность интраоперационного картирования моторной коры в обеих исследуемых группах была одинаково высокой. Об этом убедительно свидетельствует отсутствие случаев с грубым двигательным дефицитом в послеоперационном периоде (табл. 1).

Исходя из цели исследования, выполнялся анализ параметров электрической возбудимости моторной коры при разных видах анестезии: ингаляционный наркоз севофлюраном и внутривенный наркоз пропофолом. Оцениваемым параметром была пороговая сила тока, способная вызвать моторный ответ в мышцах-мишенях при прямой стимуляции коры. Считается, что картирование моторных зон следует стремиться выполнять при оптимальном уровне возбудимости нейронных констелляций, который позволяет минимизировать риск ложноотрицательных ответов: отсутствие вызванного М-ответа при стимуляции коркового представительства мышцы-мишени. Нейрофизиологическим критерием, позволяющим косвенно определить оптимальный уровень анестезии, при котором не происходит существенного снижения возбудимости коры,

является регистрация непрерывного паттерна на ЭКоГ и, следовательно на ЭЭГ, поскольку подавление активности на коре регистрируется при гораздо меньших дозах, чем на скальповой ЭЭГ [2]. Фактором, определявшим вероятность формирования периодических паттернов, является индивидуальная чувствительность пациентов к действию общих анестетиков. При одном и том же уровне анестезии у одних больных регистрируется непрерывная активность, у других — периодическая. При регистрации периодического паттерна по типу «вспышка-подавление» на ЭКоГ и, тем более, на ЭЭГ происходит существенное повышение пороговой силы тока. Тем не менее, в ряде случаев исходя из индивидуальной фармакорезистентности пациента, особенностей анестезиологического обеспечения, складывающихся в ходе конкретной операции, выполнение МК может вынужденно проводиться при таком уровне общей анестезии, который связан с подавлением биоэлектрической активности до периодического паттерна. Исходя из приведенных оснований, параметры пороговой силы тока при выполнении МК анализировались отдельно для двух состояний: при непрерывной активности и при периодическом паттерне на ЭКоГ. Все включенные в исследование оперативные вмешательства с проведением МК выполнялись при уровне анестезии, который не сопровождался регистрацией периодических паттернов на скальповой ЭЭГ. Полученные результаты представлены в таблице 2.

Пороговая сила тока стимуляции моторной коры при выполнении МК на фоне ингаляционного наркоза севофлюраном значительно выше, чем при внутривенной анестезии пропофолом. Как для пропофола, так и для севофлюрана отмечалось существенное увеличение пороговой силы тока при углублении анестезии до уровня, при котором на ЭКоГ регистрировался периодический паттерн по типу «вспышка-подавление». Тем не менее пороговая сила тока при общей анестезии севофлюраном оставалась выше, чем при внутривенной анестезии пропофолом.

Для оценки дозовой зависимости пороговой силы тока от глубины общей анестезии был выполнен корреляционный анализ по Пирсону. Расчет коэффициентов корреляции (r) осуществлялся отдельно для двух диапазонов доз: при непрерывном паттерне ЭКоГ и при формировании паттерна по типу «вспышка-подавление». Для исследованных анестетиков наблюдалась разная динамика зависимости «доза-эффект» (рис. 1).

При общей анестезии севофлюраном как на фоне непрерывной активности на ЭКоГ, так и при глубине наркоза, приводящей к подавлению биоэлектрической активности коры до периодического паттерна по типу «вспышка-подавление», наблюдалась умеренная положительная связь между пороговой силой тока и дозой общего анестетика. Для обоих диапазонов доз коэффициент корреляции Пирсона был близок: 0,42 и 0,44 соответственно. Принципиально иной характер дозовой зависимости был установлен в обследованной когорте при общей анестезии пропофолом. Для диапазона доз, при котором на ЭКоГ сохраняется непрерывная активность, коэффициент корреляции соответствовал слабой положительной связи между дозой анестетика и пороговой силой тока ($r = 0,21$). В диапазоне доз, при которых на ЭКоГ регистрировался периодический паттерн, коэффициент корреляции отражал сильную положительную корреляционную связь пороговой силы тока

и дозы анестетика: $r=0.81$. В этом диапазоне доз происходило существенное повышение пороговой силы тока до 18–20 мА.

Обсуждение

Вопрос об эффективности МК при общей анестезии ингаляционными анестетиками остается предметом дискуссии [6, 7, 10, 11, 13]. Тем не менее, в нейрохирургии доля операций, выполняемых с использованием для общей анестезии севофлурана, достаточно высока, поскольку ингаляционный наркоз имеет в определенных ситуациях свои преимущества [6]. Полученные результаты в обследованной когорте позволяют считать, что применение ингаляционной анестезии не снижает диагностическую эффективность интраоперационного МК. По сравнению с внутривенной анестезией пропофолом использование севофлурана требует существенного увеличения силы тока для прямой стимуляции коры. Если при использовании пропофола пороговая сила тока редко превышает 15 мА, то при наркозе севофлуораном требуется субмаксимальная стимуляция интенсивностью 20–25–30 мА.

Относительно высокие пороги электростимуляции при наркозе севофлуораном, скорее всего, обусловлены ведущим механизмом его действия как «неэлектролита»: мембранстабилизирующий эффект, приводящий к депривации механизмов генерации и проведения нервного импульса. В результате действия севофлурана происходит не только снижение возбудимости нейронов моторной коры, но и снижение проводимости в системе «корковый нейрон — кортикоспинальный тракт — альфа-мотонейрон — периферический нерв — мышечное волокно». Так, например, при интраоперационном картировании спинномозговых корешков и нервов сила тока прямой нейростимуляции при наркозе севофлуораном значительно выше, чем при наркозе пропофолом [1].

Выявленные различия в уровне возбудимости корковых нейронов при разных видах анестезии не могут быть объяснены разницей в уровне седации или степени нарушения нервно-мышечной проводимости. В обеих группах показатель TOF при выполнении картирования контролировался на уровне выше 65 %. Доля больных с уровнем подавления биоэлектрической активности до периодического паттерна по типу «вспышка-подавление» была сопоставима: 28 случаев из 50 при внутривенной анестезии пропофолом, 19 из 37 — при общей анестезии севофлуораном. Выраженное подавление активности на ЭКоГ свидетельствует о глубокой степени седации. В диапазонах доз, вызывающих глубокое угнетение ЦНС, пороговая сила тока при общей анестезии пропофолом была в 1,5–1,7 раза выше, чем при ингаляционном наркозе.

При наркозе севофлуораном пороговая сила тока для выполнения МК демонстрирует стабильную дозовую зависимость. Увеличение дозы севофлурана до значений, приводящих к глубокому подавлению спонтанной биоэлектрической активности до паттерна по типу «вспышка-подавление», не сопровождается резким снижением возбудимости и проводимости в нервной системе. В отличие от севофлурана, для которого была характерна равномерная дозовая зависимость пороговой силы тока, общая анестезия пропофолом сопровождается фазным изменением возбудимости. При дозах пропофола, не приводящих к угнетению спонтанной корковой активности, величина пороговой силы тока практически не зависит от дозы анестетика.

Незначительные колебания возбудимости корковых нейронов, очевидно, определяются другими факторами, контроль за которыми может стать темой самостоятельного исследования. При углублении общей анестезии пропофолом до формирования на ЭКоГ паттерна по типу «вспышка-подавление» происходит лавинообразное увеличение порога стимуляции, которое отражает практически прямую зависимость «доза-эффект» ($r=0.81$). Логично предположить, что изменение характера корреляционной связи отражает общую фармакологическую закономерность: расширение «структур-мишеней» при увеличении дозы ксенобиотика. По одному из своих основных механизмов действия пропофол является ГАМК-агонистом, но также обладает способностью к ингибированию Na-каналов. Вероятно, при увеличении дозы происходит существенное снижение возбудимости и проводимости в результате синергизма обоих механизмов, свойственных пропофолу. Аналогичной закономерностью можно объяснить и смену паттернов ЭКоГ при увеличении дозы пропофола. При средних дозах пропофола наблюдается типичная для ГАМК-агонистов «диссоциация» между состоянием выключения сознания (наркоз) и генерацией непрерывной, как правило, ритмизированной активности с большой долей волн альфа и бета диапазона частот [3]. При увеличении дозы пропофола регистрируется угнетение биоэлектрической активности до паттерна по типу «вспышка-подавление» [2].

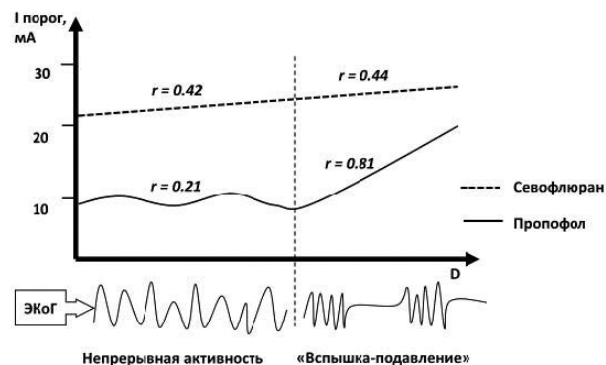


Рисунок 1. Зависимость пороговой силы тока ($I_{\text{порог}}$) при интраоперационном картировании моторной коры и дозы (D) общего анестетика: результаты корреляционного анализа (схема)

Увеличение силы тока при выполнении МК может привести к ложноположительным ответам, поскольку происходит стимуляция более широкой зоны коры. В результате зона «физиологической дозволенности» при удалении опухоли моторной зоны мозга может быть чрезмерно сокращена. В этой связи для контроля возбудимости корковых нейронов должна выполняться ЭКоГ, поскольку паттерн по типу «вспышка-подавление» на коре регистрируется при значительно меньших дозах, чем на скальповой ЭЭГ [2].

Выводы

1. При планировании и выполнении интраоперационного моторного картирования необходимо учитывать особенности действия общего анестетика на возбудимость и проводимость в системе «нейроны коры–кортиспинальный тракт–мотонейроны–периферические нервы».

- Ингаляционная анестезия севофлюраном сопровождается значительно большим увеличением пороговой силы тока прямой стимуляции моторной коры, чем внутривенная анестезия пропофолом.
 - В дозах, вызывающих подавление спонтанной биоэлектрической активности коры, внутривенный анестетик пропофол вызывает резкое снижение возбудимости моторной коры при прямой электрической стимуляции. Для ингаляционной анестезии севофлюраном характерно равномерное дозозависимое увеличение пороговой силы тока.
 - Косвенную оценку возбудимости нейронов коры при моторном картировании следует выполнять по параметрам электрокортикографии, поскольку периодическая активность по типу паттерна «вспышка-подавление» на ЭЭГ регистрируется при значительно больших дозах общего анестетика, чем аналогичные изменения на ЭКОГ.
- Александров М. В., Чикуров А. А., Топоркова О. А. и др. Нейрофизиологический интраоперационный мониторинг в нейрохирургии // Под ред. М. В. Александрова. — СПб: Спецлит, 2019. — С. 159.
 - Зуев А. А., Коротченко Е. Н., Иванова Д. С., Педяш Н. В., Теплых Б. А. Хирургическое лечение опухолей функционально значимых зон головного мозга с применением метода нейрофизиологического картирования речевых, моторных зон и проводящих путей // «Вопросы нейрохирургии» им. Н. Н. Бурденко. — 2017. — № 1. — С. 39–50.
 - Куликов А. С., Степаненко А. Ю., Лубнин А. Ю. — Хирургия эпилепсии — что требуется от анестезиолога? // Анестезиология и реаниматология. — 2011. — № 4. — С. 4–10.
 - Мошнев Д. А., Лубнин А. Ю. Применение севофлурана в нейроанестезиологии // Анестезиология и реаниматология. — 2006. — № 2. — С. 2–8.
 - Мошнев Д. А., Сазонова О. Б., Огурцова А. А., Лубнин А. Ю. Влияние севофлурана на спонтанную биоэлектрическую активность мозга у нейрохирургических больных // Анестезиология и реаниматология. — 2008. — № 2. — С. 11–16.
 - Adhikary, S. D., Thiruvengadathan, V., Babu, K. S., & Tharyan, P. The effects of anesthetic agents on cortical mapping during neurosurgical procedures involving eloquent areas of the brain // *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 2011. Режим доступа: doi:10.1002/14651858.cd006679.pub2
 - Bithal, P. Anaesthetic considerations for evoked potentials monitoring // *Journal of Neuroanaesthesia and Critical Care*. — 2014. — Vol. 01. — P. 2–12. doi:10.4103/2348-0548.124832
 - Simon M. V. Intraoperative neurophysiologic sensorimotor mapping and monitoring in supratentorial surgery / M. V. Simon. // *J Clin Neurophysiol*. — 2013. — Vol. 30. — № 6. — P. 571–590.
 - Sloan T. B., Vantti V. Anesthesia and physiology and intraoperative neurophysiological monitoring of evoked potentials // *Intraoperative monitoring of neural function. Handbook of clinical neurophysiology* / Ed. by M. R. Nuwer — New York: Elsevier, 2008. — P. 94–126.
 - Tamura M., Muragaki Y., Saito T., et al. Strategy of surgical resection for glioma based on intraoperative functional mapping and monitoring // *Neural Med Chir (Tokyo)*. — 2015. — Vol. 55. — № 5. — P. 383–398.
 - Wang, S. G., Eskandar, E. N., Kilbride, R., Chiappa, K. H., Curry, W. T., Williams, Z., & Simon, M. V. (2011). The Variability of Stimulus Thresholds in Electrophysiologic Cortical Language Mapping // *Journal of Clinical Neurophysiology*. — 2011. — N 2, Vol. 28. — P. 210–216. doi:10.1097/wnp.0b013e3182121827

Список литературы:

- Александров М. В., Улитин А. Ю., Хачатрян В. А., Сысоев К. В. Нейрофизиологический мониторинг в спинальной нейрохирургии: пути повышения эффективности // Матер. научно-практич. конф. «Инновации и мультидисциплинарный подход в спинальной нейрохирургии». — СПб, 2014. — С. 7–8.
- Александров М. В., Костенко И. А., Архипова Н. Б. и др. Подавление биоэлектрической активности головного мозга при общей анестезии: зависимость «доза-эффект» // Вестник Российской военно-медицинской академии. — 2018. — № 4 (64). — С. 79–85.

Для цитирования: Александров М. В., Костенко И. А., Топоркова О. А., Назаров Р. В., Тастанбеков М. М., Черный В. С. Интраоперационное моторное картирование: влияние общих анестетиков на возбудимость коры. Медицинский алфавит. 2020; (32):34–38. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2020-32-34-38>

For citation: Aleksandrov M. V., Kostenko I. A., Toporkova O. A., Nazarov R. V., Tastanbekov M. M., Chernyj V. S. Intraoperative neurophysiological mapping: the effect of general anaesthetic impact on brain cortex excitability. Medical alphabet. 2020; (32):34–38. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2020-32-34-38>



DOI: 10.33667/2078-5631-2020-32-38-43

Трифазные волны на электроэнцефалограмме у пациентов с энцефалопатией и их диагностическое значение. Обзор литературы

Е. А. Баранова, к.м.н., зав. отд. функциональной диагностики №2 ГАУЗ «Межрегиональный клинко-диагностический центр», Казань, Россия¹

М. В. Синкин, к.м.н., с.н.с., рук. группы клинической нейрофизиологии отделения неотложной нейрохирургии ГБУЗ «НИИ скорой помощи имени Н. В. Склифосовского ДЗМ г. Москвы», Москва, Россия²

¹ГАУЗ «Межрегиональный клинко-диагностический центр», Казань, Россия

²ГБУЗ «НИИ скорой помощи имени Н. В. Склифосовского ДЗМ г. Москвы», Москва, Россия

Triphasic waves on electroencephalogram in patients with encephalopathy and their diagnosis significance. A review

E. A. Baranova, M. V. Sinkin

¹State Autonomous Institution of Health 'Interregional clinical diagnostic center', Kazan, Russia

²N. V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine of the Moscow Health Department, Moscow, Russia

Резюме

Классическое определение, данное H. Luders, называет трифазные волны (ТВ) «генерализованным паттерном 1–2 Гц, состоящим из приблизительно одинаковых графоэлементов, представленных высокоамплитудной (>70 мкВ) позитивной волной, окруженной двумя низкоамплитудными колебаниями отрицательной полярности». ТВ традиционно связывали с печеночной энцефалопатией, однако, они были описаны при метаболических, токсических, структурных повреждениях мозга, а также при бессудорожном эпилептическом статусе (БЭСЭС).

Summary

Triphasic waves are high-amplitude (>70 μV) positive sharp transients preceded and followed by relatively low-amplitude negative waves. The distribution is generalized and tends to have a repetition rate of approximately 1 to 2 Hz. This EEG-pattern is traditionally associated with hepatic encephalopathy, although they have been observed in a wide array of neurological disorders including subcortical white-matter disease, infections, metabolic disturbances and nonconvulsive status epilepticus.

В 2012 году Американское общество клинических нейрофизиологов, с целью стандартизации описания электроэнцефалограмм (ЭЭГ) предложило классификацию ритмичных и периодических паттернов (РПП), регистрируемых у пациентов с энцефалопатией. Её особенностью стало исключение терминов, имеющих клиническую коннотацию, а «трифазные волны» было предложено назвать «периодические разряды трифазной морфологии». Клиническое значение ТВ не специфично — они могут быть как маркером структурно-метаболических нарушений, так и признаками иктальности паттерна. Единственным способом дифференциальной диагностики их генеза остается длительное мониторирование ЭЭГ с пробным введением противосудорожных препаратов (ПЭП). Такой подход позволяет своевременно начать терапию БСЭС, избегая при этом необоснованного назначения ПЭП.

Ключевые слова: трифазные волны, электроэнцефалография, бессудорожный эпилептический статус, энцефалопатия, периодические разряды трифазной морфологии.

American Clinical Neurophysiology Society suggested Standardized Critical Care EEG Terminology (2012). One of the goals was to eliminate terms with clinical connotations, such as 'triphasic waves', a term that implies a metabolic encephalopathy with no relationship to seizures for many clinicians. The term 'triphasic waves' was replaced by 'Generalized periodic discharges (GPDs) with triphasic morphology'. The clinical significance of these waveforms and their relationship with seizures and prognosis has been debated, and differentiation between interictal patterns, patterns associated with seizures, and the patterns representing nonconvulsive status epilepticus have been concluded to be a challenge. In cases of uncertainty, the decision to treat should follow on a thorough evaluation with a continuous EEG monitoring and using a short-acting benzodiazepine or non-sedating antiepileptic drugs in order to discern the effects of the pattern on the patient's clinical exam and EEG.

Key words: triphasic waves, EEG, encephalopathy, nonconvulsive status epilepticus, periodic discharges.

Классическое определение, данное Н. Luders, обозначает трифазные волны (ТВ) как «генерализованный паттерн 1–2 Гц, состоящий из приблизительно одинаковых графоэлементов, представленных высокоамплитудной (>70 мкВ) позитивной волной, окруженной двумя низкоамплитудными колебаниями отрицательной полярности [1]. Ранее ТВ традиционно связывали с печеночной энцефалопатией (ПЭ), в дальнейшем они были описаны и при метаболических, токсических, структурных повреждениях мозга, а также при бессудорожном эпилептическом статусе (БСЭС) [2, 3, 4]. В 2012 году Американское общество клинических нейрофизиологов (American Clinical Neurophysiology Society — ACNS) представило классификацию ритмичных и периодических паттернов (РПП), часто регистрируемых у пациентов с энцефалопатией [5]. Её особенностью стало исключение терминов, имеющих клиническую коннотацию, например, «эпилептиформный». Термин «трифазные волны» так же был заменен на «периодические разряды (ПР) трифазной морфологии». Вопрос о клиническом значении ТВ продолжает обсуждаться, поскольку их описывают у пациентов и с метаболическими нарушениями, и как электрографическое проявление БСЭС [2, 6]. Мы проанализировали публикации, посвященные ТВ и оценке их клинического значения.

Поиск литературы был проведен с использованием баз данных PubMed, eLIBRARY по ключевым словам: трифазные волны, периодические разряды, бессудорожный эпилептический статус, печеночная энцефалопатия на русском и английском языках. Всего было найдено 100 публикаций, из которых были ис-

ключены рефераты из сборников и материалов конференций, и статьи, доступ к полному тексту которых отсутствовал.

История описания

Впервые особые изменения на электроэнцефалограмме (ЭЭГ) у пациентов с энцефалопатией, вызванной заболеванием печени, были описаны Foley et al. в 1950 году [7]. В 1955 г. Bickford R. G. и Butt H. R., исследуя биоэлектрическую активность головного мозга у больных с ПЭ, обратили внимание на особые графоэлементы, похожие на артефакт моргания, которые авторы называли «трифазные волны» (рис. 1) [8]. Они описали его основные характеристики — контур, состоящий из трех пересечений изолинии (фаз) с максимальным положительным отклонением, билатерально-синхронным возникновением и амплитудным доминированием в лобно-центральных отведениях. Еще одним характерным признаком был временной сдвиг — задержка появления волн в затылочных отведениях по сравнению с лобными на 25–140 мс. Эта послужила предположению, что в механизме генерации ТВ лежит распространение позитивной волны от передних отделов коры к задним со скоростью 1,5 м/сек. Другая гипотеза заключалась в первичном повреждении на таламо-кортикальном уровне с отражением этого процесса на поверхности коры головного мозга [8]. Karnaze D. S. и Bickford R. G. поддержали это предположение на основании регистрации веретеноподобной активности 12–14 Гц при спонтанной редукции ТВ у двух пациентов, а необычную форму графоэлементов объяснили воздействием на нейроны метаболитов и ложных трансмисмитеров [9].

Трифазные волны при печеночной энцефалопатии. Печеночная энцефалопатия (ПЭ) — потенциально обратимый синдром, проявляющийся широким спектром изменений сознания, начиная от легких нарушений поведения до глубокой комы и смерти. Начальные клинические признаки минимальны и ПЭ можно подтвердить только с помощью ЭЭГ, вызванных потенциалов головного мозга и нейропсихологических тестов [10]. Прогрессирование ПЭ характеризуют изменения биоэлектрической активности мозга, которые проходят несколько фаз [11].

В начальной стадии, когда пациент заторможен, но ориентируется в месте и времени, на ЭЭГ отмечается «тета-фаза», представленная замедлением фоновой активности до ритма тета-диапазона. По мере угнетения степени бодрствования ТВ появляются, а затем начинают доминировать над остальной активностью (ТВ-фаза, рис. 1). В дальнейшем, при развитии глубокой комы, ТВ исчезают, а на ЭЭГ регистрируется продолженная диффузная полиморфная медленно-волновая активность (дельта-фаза). При положительной динамике и восстановлении сознания ТВ волны редуцируются, что говорит о функциональном, а не структурном характере нарушений, лежащих в основе их патогенеза [10].

Такие характерные изменения на ЭЭГ связывают с патофизиологическими механизмами ПЭ. В патогенезе ПЭ доказана роль гипераммониемии, ведущей к нарушению обмена глутамата, и повышению тонуса ГАМК-эргических систем. Наибольшие изменения происходят в астроцитах, приводя к морфологическим изменениям ядра клетки, поэтому одним из механизмов

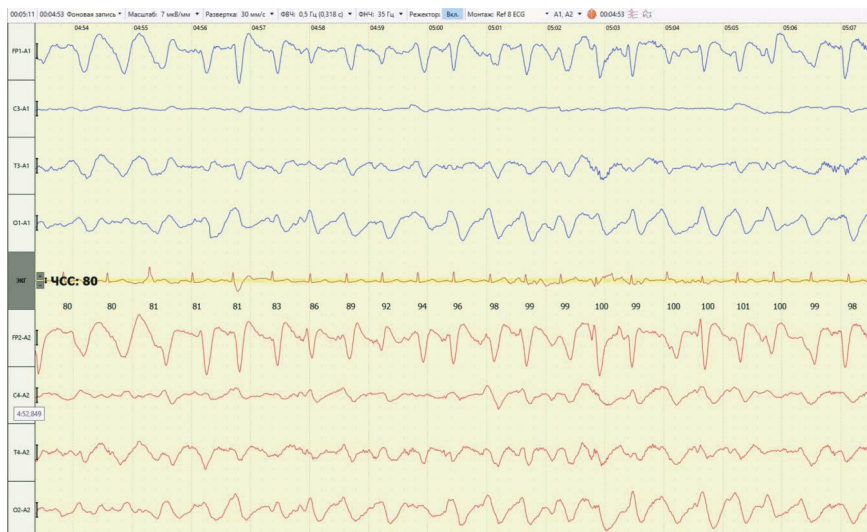


Рисунок 1. ЭЭГ пациента Ф., 23 года. Метаболическая энцефалопатия на фоне выраженной печеночной недостаточности вследствие фульминантного течения гепатита. Степень бодрствования — умеренная кома. Референтный сокращенный монтаж, масштаб 7 мВ/мм, скорость 30 мм/сек. Паттерн ТВ с частотой 1–2 Гц.

патогенеза ПЭ считают дисфункцию астроцитов, что подтверждает корреляция между выраженностью изменений клеток тяжестью заболевания [12].

Несмотря на большой опыт наблюдения ТВ при ПЭ, механизм их возникновения окончательно не установлен. Проверку теорий продолжают с помощью специальных математических моделей, которые позволяют анализировать механизмы, лежащие в основе изменений ЭЭГ и оценивать, какие условия приводят к увеличению их частоты в паттерне и индекса в записи [13].

Трифазные волны при других заболеваниях. Длительное время паттерн ТВ считали патогномоничным для ПЭ, хотя еще R. G. Bickford и H. R. Butt в 1955 г., упоминали, что подобные графоэлементы встречаются при анестезии эфиром, у лиц с церебральным липидозом и у детей с эпилепсией, но с некоторым рядом отличий от классических характеристик ТВ [8]. В настоящее время опубликовано большое количество наблюдений, свидетельствующих о регистрации ТВ у больных с метаболическими нарушениями, интоксикацией лекарственными препаратами, злоупотреблении алкоголем, а также при инфекциях и сосудистых поражениях центральной нервной системы (рис. 2) [2, 3, 4].

Намоен А. М. описал связь ТВ с повреждением дофаминергических структур головного мозга. На фоне приема амантадина у мужчины с ОНМК и у женщины с болезнью Крейцфельда-Якоба ав-

торы отметили значительное улучшение клинического состояния и уменьшение индекса ТВ. При отмене препарата клиническое состояние и ТВ вернулись на исходный уровень у обоих больных [14]. Van Zandycke M. и Ordan L. C. описали 3 случая метаболической энцефалопатии (МЭ) на фоне острого гипертиреозидизма с электрографическим проявлением на ЭЭГ в виде паттерна ТВ [15]. В 1981 г. S. I. Lee представил случай необычного сочетания ТВ с паттерном альфа-комы [16]. Кроме этого, ТВ были зарегистрированы при инфаркте ствола головного мозга у пациента, страдавшего инсулинзависимым сахарным диабетом и артериальной гипертензией [17]. Cobb W. A. и соавт. провели длительное наблюдение за пациентом с подострым склерозирующим панэнцефалитом, у которого на одном из этапов заболевания регистрировали регулярные трифазные комплексы, сопровождавшиеся флексией рук [18].

D. S. Karnaze, R. G. Bickford подтвердили неспецифичность ТВ, проанализировав истории болезни 50 пациентов с различными заболеваниями (ПЭ, азотемия, аноксия и гиперосмолярность), на ЭЭГ которых регистрировали ТВ [9]. Классические характеристики ТВ — наличие лобного амплитудного доминирования и фронтально-окципитального сдвига были выявлены только у 43 % пациентов. Авторы сделали вывод, что предположение о регистрации ТВ только при неглубокой коме, с последующим их

исчезновением, верно лишь для метаболической энцефалопатии.

Sundaram M. B. и Blume W. T. проанализировав ЭЭГ у 10476 пациентов с изменением сознания, выявили ТВ у 63 (0,6 %). В этой группе МЭ была диагностирована у 26 (41 %) больных. При наличии ТВ на ЭЭГ, прогноз выживания для пациентов с энцефалопатией любого генеза оказался неблагоприятным. Только 4 из 24 пациентов с МЭ и один из 35 пациентов с неметаболической энцефалопатией прожили более 2 лет [19].

Hormes J. T. и соавт. описали случай интоксикации баклофеном после введения небольшой дозы препарата, особенностью которого было появление у пациентки дезориентации, ажитации и сонливости без изменений биохимического состава крови и цереброспинальной жидкости. Состояние сопровождалось появлением на ЭЭГ ТВ. Через 24 часа после отмены препарата психический статус нормализовался, а ТВ в течение 4 суток исчезли из фоновой активности [20]. Похожий случай, пациентки с историей хронического заболевания почек и приема баклофена по поводу крампи, был представлен Nowack W. J., King, J. A. [21].

ТВ описаны у пациентов с карциноматозным менингитом [22] и при синдроме обратимой энцефалопатии, развившейся вследствие прегабалиновой интоксикации на фоне нарушения функции почек [23].

Blatt I. и Brenner R. P. провели ретроспективный анализ 15 326 ЭЭГ пациентов психиатрических клиник, среди которых у 83 зарегистрировали ТВ. У всех пациентов отмечалась спутанность сознания вследствие психиатрических заболеваний, по поводу которых они получали препараты лития [24].

J. W. Shin и соавт. провели анализ данных у пациентов со sporadической болезнью Крейцфельда-Якоба, результаты ЭЭГ классифицировали по схеме ACNS, сравнив их с результатами нейровизуализации и тяжестью течения заболевания. У больных с атрофией коры и очагами в базальных ганглиях чаще регистрировали генерализованные периодические разряды трифазной морфологии с фронтально-окципитальным временным сдвигом, которые соответствовали классическому определению ТВ. Все эти пациенты имели выражен-

ные клинические проявления, соответствующие 3 стадии заболевания [25].

N. Katyal и соавт. установили связь появления ТВ на ЭЭГ с колебаниями внутричерепного давления, предложив рассматривать их как возможный биомаркер исхода заболевания у пациентов с черепно-мозговой травмой [26]. Palanca B. J. A. и соавт. исследовали ЭЭГ у пациентов с делирием, развившемся после кардиохирургического вмешательства. В результате было выявлено, что ТВ ассоциировались со средней степенью тяжести делирия, а при более тяжелых формах регистрировали генерализованное замедление активности [27].

Оценке информативности ТВ для прогнозирования течения заболеваний, сопровождающихся угнетением сознания, посвящена публикация Bahamon-Dussan и соавт. [28]. Среди 30 пациентов с энцефалопатией различного генеза, сопровождавшихся ТВ на ЭЭГ, летальность составила 77 %. При этом половина из них скончалась в течение 30 дней от момента возникновения этого паттерна и лишь 3 больных не имели неврологического дефицита при выписке.

В ретроспективном исследовании 105 пациентов с остро возникшей энцефалопатией и ТВ, Sutter R. и соавт. при магнитно-резонансной терапии (МРТ) выявили поражения белого вещества у 60 %. Среди причин, вызвавших угнетение бодрствования, были инфекции (56 %), почечная (50 %), печеночная (12 %) и дыхательная недостаточность (20 %). Смертность в исследуемой группе составила 20 %, что позволило авторам сделать вывод о том, что ТВ являются маркером структурного повреждения головного мозга, но для их появления необходимо сочетание с токсико-метаболическими нарушениями [29]. Sutter R. и Kaplan P. W. так же провели анализ связизрезультатов КТ и МРТ, и электрографическим паттерном ТВ. В исследование было включено 190 пациентов с острой энцефалопатией вне зависимости от генеза. Авторы установили, что пациенты с ТВ на ЭЭГ чаще страдали алкоголизмом, печеночной недостаточностью, инфекциями, сочетавшимися с субкортикальной атрофией, что подтвердило гипотезу о связи структурных, метаболических

и токсических факторов в патогенезе ТВ. У пациентов с ТВ отмечалась повышенная летальность, однако, по сравнению с замедлением фоновой активности ЭЭГ и угнетением бодрствования, ТВ были менее значимым фактором [30].

Трифазные волны и бессудорожный эпилептический статус. С первого описания ТВ (Foley et al. в 1950) и во многих последующих публикациях отмечалось их сходство с эпилептиформными комплексами острая-медленная волна. В первых публикациях был использован специальный термин — «сглаженные комплексы спайк-волна (blunt spike-waves)» [7, 18].

В серии публикаций, посвященных диагностике БСЭС, было отмечено сходство ТВ с другими паттернами ЭЭГ, характерными для этого состояния [31, 32, 33, 34]. При регистрации ТВ на ЭЭГ у пациента с измененным сознанием всегда возникает диагностическая дилемма: являются ли ТВ признаком метаболических нарушений, возникших в мозге вследствие основного заболевания и не требующих специфического противосудорожного лечения, или это иктальный электрографический паттерн, при котором терапию необходимо начать незамедлительно, поскольку он свидетельствует о продолжающемся повреждающем воздействии на нейроны коры головного мозга [35, 36, 37].

Описано несколько подходов к дифференциации «метаболических» и «иктальных» ТВ. P. W. Kaplan и D. Schlattman полагали, что для эпилептиформных разрядов характерна более острая форма, а для ТВ сглаженность и стимулзави-

симость [38]. По мнению E. Niedermeyer ТВ не являются эпилептиформными, если они имеют более широкий вид, сглаженность, меньшую частоту, возникают на общем замедленном фоне, и именно для них характерен временной сдвиг и появление в ответ на стимуляцию [39]. В отличие от генерализованных ПР трифазной морфологии, ТВ отличается доминирующей по амплитуде и длительности 2 фазой, наличие всех трех фаз, фронтально-центральной локализация [4, 40, 41, 42].

Классификация ACNS рекомендует описывать ТВ не как отдельный графоэлемент, а как «малый модификатор» ПР, называя его «ПР трифазной морфологии» [5]. Это клинический синоним ТВ, однако, их описание составлено так, что волны с двумя фазами тоже могут быть отнесены к этой категории. ТВ должна иметь негативно-позитивно-негативное отклонение кривой от изолинии, а двухфазная — только негативно-позитивное [5]. ПР трифазной морфологии являются одним из паттернов, которые могут свидетельствовать о БСЭС [35].

A. M. Alkhachroum с соавторами оценили риск развития эпилептических приступов у пациентов энцефалопатией и генерализованными ПР с трифазной морфологией на ЭЭГ. Они предложили специальную шкалу оценки 'GPD-score' (Generalized Periodic Discharges Score — Оценка Генерализованных ПР) (Табл. 2). Согласно ей, рост количества баллов связан с увеличением риска возникновения эпилептических приступов, позволяя начать их раннюю профилактику [33].

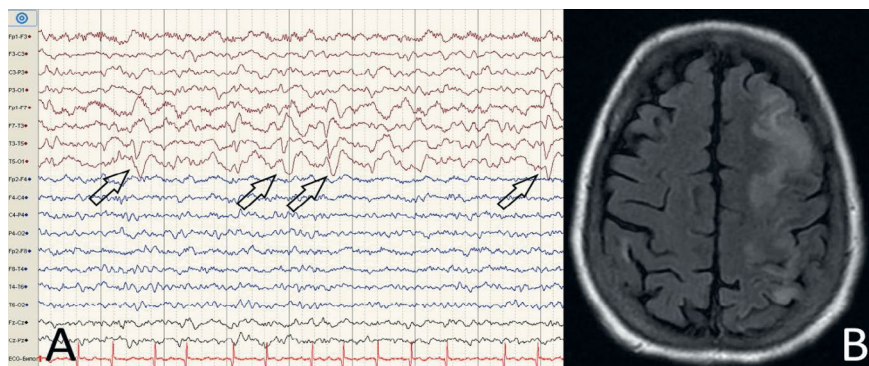


Рисунок 2. Электроэнцефалография (ЭЭГ) и магнитно-резонансная томография (МРТ) головного мозга пациентки М., 68 лет, с острым нарушением мозгового кровообращения развившимся после протезирования митрального клапана. А. ЭЭГ в продольном биполярном монтаже. Стрелками указаны латерализованные эпилептиформные разряды трифазной морфологии. В. Очаг ишемии в левом полушарии головного мозга в бассейне кровоснабжения левой ВСА, вызванное окклюзией.

Поскольку длительное применение противоэпилептических препаратов (ПЭП) может приводить к токсическим осложнениям, их профилактическое назначение при регистрации ПР трифазной морфологии и других паттернов с частотой графоэлементов менее 2,5 Гц вызывает обоснованные сомнения [45].

Ряд авторов предлагает рассматривать исчезновение ПР трифазной морфологии и восстановление нормального фонового ритма ЭЭГ в ответ на введение антиконвульсантов как основной признак иктальности этого паттер-

В комментарии редактора A. Vermeo-Ovalle высказал опасение по поводу широкого назначения ПЭП пациентам с ТВ на ЭЭГ. Смена парадигмы от представления о метаболическом генезе ТВ при ПЭ до интерпретации их в качестве БСЭС с обязательным назначением ПЭП, приведет только к «лечению ЭЭГ», а клинический эффект проявится лишь в случае, когда БСЭС является причиной нарушения сознания [6].

К схожим выводам пришли J.A. Hartshorn и B. Foreman, считая генерализованный паттерн ПР трифазной морфо-

лого исхода заболевания. Во избежание клинических ассоциаций с печеночной энцефалопатией для их обозначения рекомендуют использовать термин периодические разряды трифазной морфологии и применять к ним диагностические критерии БСЭС, а при клинко-электроэнцефалографическом соответствии с ним, начинать противосудорожную терапию [50].

Вопрос о происхождении и клиническом значении ПР трифазной морфологии остается предметом обсуждения [43]. В глоссарии терминов для описания ЭЭГ, опубликованном в 2017 термины «трифазные волны» и «ПР трифазной морфологии» названы синонимами [51].

Заключение

Клиническое значение ТВ (ПР трифазной морфологии) не всегда специфично. Они могут быть как маркером структурно-метаболических нарушений, так и признаками иктальности паттерна. Единственным способом дифференциальной диагностики их генеза остается длительный ЭЭГ-мониторинг с проведением медикаментозных проб с противоэпилептическими препаратами. Это позволит своевременно начать терапию БСЭС, при этом избегая необоснованного назначения противоэпилептических препаратов.

Источник финансирования: авторы заявляют об отсутствии финансирования при проведении исследования.

Конфликт интересов: авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Список литературы:

1. Luders H, Noachtar S.(Ed.) Atlas and classification of electroencephalography. Philadelphia. W.B. Saunders Company; 2000.
2. Fisch B. J., Klass D. W. The diagnostic specificity of triphasic wave patterns. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol.* 1988; 70(1):1–8. doi: 10.1016/0013-4694 (88) 90188-5
3. Баранова Е.А., Данилова Т.В., Халитов И.Р., Синкин М.В. Бессудорожный эпилептический статус с электрографическим паттерном трифазных волн. *Анналы клинической и экспериментальной неврологии.* 2020; 14(1):97–103.
4. Hartshorn J. A., Foreman B. Generalized periodic discharges with triphasic morphology. *J Neurocrit Care.* 2019; 12(1):1–8. doi:10.18700/jnc.190079

Таблица 1
Зальцбургские диагностические критерии бессудорожного эпилептического статуса у пациентов, без эпилептической энцефалопатии. ПР — периодические разряды. РДА — ритмичная дельта активность [43, 44]

1	Частота ПР > 2,5 Гц
2	Частота ПР или РДА <2,5 Гц и один из следующих признаков: (а) Электрографическое (восстановление фоновой ритмики и ее реактивности) и клиническое улучшение при введении противоэпилептических препаратов (б) Незначительные клинические иктальные признаки во время регистрации ПР или РДА (с) Эволюционирующий паттерн ПР или РДА

Таблица 2
Шкала оценки риска эпилептических приступов при выявлении генерализованных периодических разрядов на ЭЭГ [33]

Параметры	Баллы
ГПР без трифазной морфологии	3
Фокальность на ЭЭГ	2
Эпилепсия в анамнезе	1

на [46, 47]. Однако, примеры исчезновения ТВ без клинического улучшения в ответ на введение антиконвульсантов были описаны и у пациентов с МЭ [48]. В наблюдении 10 больных с МЭ различного генеза и ТВ на ЭЭГ, Fountain N. B. и Waldman W.A. обнаружили устойчивый или временный электрографический ответ на введение бензодиазепинов (БДЗ) у 8 больных, что говорит о низкой точности такого способа диагностики БСЭС [49].

В ретроспективном анализе ЭЭГ с ТВ у 64 пациентов, большинство из которых (71,2%) страдали МЭ, O'Rourke и соавт. выявили электрографическое улучшение при введении ПЭП у 45,3% больных вне зависимости от их метаболического профиля, при этом ответ на назначение неседативных ПЭП отмечали в 2 раза чаще, чем при БДЗ [47].

логии дискуссионным в отношении БСЭС, и рекомендовав при его выявлении у пациентов с нарушением сознания продолжение мониторирования ЭЭГ и назначение БДЗ короткого действия [4].

Обсуждение

Этиологическое многообразие и особенность пространственного распространения от лобных к затылочным областям коры позволило предположить, что возникновение трифазных волн вызвано нарушением функционального состояния нейронов на таламокортикальном уровне при сочетании структурных, метаболических и токсических поражений головного мозга [6, 29]. Они могут встречаться и при метаболической энцефалопатии, и при БСЭС, и не являются предикторами пло-

5. Hirsch L.J., Laroche S.M., Gaspard N.T., et al. American Clinical Neurophysiology Society's Standardized Critical Care EEG Terminology: 2012 version. *J Clin Neurophysiol.* 2013;30(1):1–27. doi: 10.1097/WNP.0b013e3182784729
6. Bermeo-Ovalle A. Triphasic waves: Swinging the pendulum back in this diagnostic dilemma. *Epilepsy Curr.* 2017;17(1):40–42. doi:10.5698/1535-7511-17.1.40
7. Foley J.M., Watson C.W., Adams R.D. Significance of the electroencephalographic changes in hepatic coma. *Trans Am Neurol Assoc* 1950; 51: 161–165. PMID: 14788100
8. Bickford R.G., Butt H.R. Hepatic coma: the electroencephalographic pattern. *J Clin Invest.* 1955;34(6):790–799. doi:10.1172/JCI103134
9. Karnaze D.S., Bickford R.G. Triphasic waves: A reassessment of their significance. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol.* 1984;57(3):193–198. doi:10.1016/0013-4694(84)90120-2
10. Amodio P., Montagnese S. Clinical neurophysiology of hepatic encephalopathy. *J Clin Exp Hepatol.* 2015;5(S1): S60–S68. doi:10.1016/j.jceh.2014.06.007
11. Silverman D. Some observations on the EEG in hepatic coma. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol.* 1962;14:53–59. doi:10.1016/0013-4694(62)90006-8
12. Ahboucha S., Butterworth R.F. Pathophysiology of hepatic encephalopathy: A new look at GABA from the molecular standpoint. *Metab Brain Dis.* 2004;19(3–4):331–343. doi:10.1023/B:MEBR.0000043979.58915.41
13. Alonso J., Cordoba J., Rovira A. Brain magnetic resonance in hepatic encephalopathy. *Semin Ultrasound CT MRI* 2014; 35(2):136–52. doi: 10.1053/j.sult.2013.09.008
14. Hamoen A.M. Possible Association between triphasic E.E.G. waves and disorder of dopaminergic systems. *British Medical Journal.* 1973; 3(5874):272–273 doi: 10.1136/bmj.3.5874.272
15. Van Zanduycke M., Ordan L.C. Occurrence of triphasic waves in two cases of thyrotoxic crisis. *Acta Neurol Belg.* 1977;77(2):115–120 PMID: 868471
16. Lee S.I. Coexistence of triphasic waves and alpha-coma pattern. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol.* 1981;51(1):108–110. doi:10.1016/0013-4694(81)91514-5
17. Townsend J.B., Drury I. Triphasic waves in coma from brainstem infarction. *Eur Neurol.* 1991;31(1):47–49. doi:10.1159/000116645
18. Cobb W.A., Marshall J., Scaravilli F. Long survival in subacute sclerosing panencephalitis. *J Neurol Neurosurg Psychiatry.* 1984;47(2):176–183. doi: 10.1136/jnnp.47.2.176
19. Sundaram M.B., Blume W.T. Triphasic Waves: Clinical Correlates and Morphology. *Can J Neurol Sci.* 1987;14(2):136–140. doi:10.1017/S0317167100026251
20. Hormes J.T., Benarroch E.E., Rodriguez M., Klass D.W. Periodic sharp waves in baclofen-induced encephalopathy. *Arch Neurol.* 1988;45(7):814–815. doi:10.1001/archneur.1988.00520310132033
21. Nowack W.J., King J.A. Triphasic Waves and Spike Wave Stupor. *Clin Electroencephalogr.* 1992;23(2):100–104. doi:10.1177/155005949202300210
22. Miller B., Brick J. Triphasic Sharp Waves in a Patient with Carcinomatous Meningitis. *Clin Electroencephalogr.* 1989;20(4):259–261. doi:10.1177/155005948902000414
23. Anand P., Kaplan P.W. Triphasic Waves and Encephalopathy in the Setting of Pregabalin Toxicity. *J Clin Neurophysiol.* 2018;35(6):515–517. doi:10.1097/WNP.0000000000000511
24. Blatt L., Brenner R.P. Triphasic waves in a psychiatric population: a retrospective study. *J Clin Neurophysiol.* 1996; 13(4): 324–329 doi: 10.1097/00004691-199607000-00006
25. Shin J.W., Yim B., Oh S.H., Kim N.K., Lee S.kun, Kim O.J. Redefining periodic patterns on electroencephalograms of patients with sporadic Creutzfeldt–Jakob disease. *Clin Neurophysiol.* 2017;128(5):756–762. doi:10.1016/j.clinph.2017.01.019
26. Katyal N., Sarwal A., George P., Banik B., Newey C.R. The Relationship of Triphasic Waves with Intracranial Pressure as a Possible Prognostic Marker in Traumatic Brain Injury. *Case Rep Neurol Med.* 2017; 2017:4742026. doi:10.1155/2017/4742026
27. Palanca B.J.A., Wildes T.S., Ju Y.S., Ching S., Avidan M.S. Electroencephalography and delirium in the postoperative period. *Br J Anaesth.* 2017;119(2):294–307. doi:10.1093/bja/aew475
28. Bahamon-Dussan J.E., Celesia G.G., Grigg-Damberger M.M. Prognostic significance of EEG triphasic waves in patients with altered state of consciousness. *J Clin Neurophysiol.* 1989; 6(4): 313–319.
29. Sutter R., Stevens R.D., Kaplan P.W. Significance of triphasic waves in patients with acute encephalopathy: A nine-year cohort study. *Clin Neurophysiol.* 2013; 124(10): 1952–1958. doi:10.1016/j.clinph.2013.03.031
30. Sutter R., Kaplan P.W. Uncovering clinical and radiological associations of triphasic waves in acute encephalopathy: A case-control study. *Eur J Neurol.* 2014;21(4):660–666. doi:10.1111/ene.12372
31. Boulanger J.M., Deacon C., Lécuyer D., Gosselin S., Reiher J. Triphasic waves versus nonconvulsive status epilepticus: EEG distinction. *Can J Neurol Sci.* 2006(2); 33: 175–180.
32. Foreman B., Mahulika A., Tadi P., Claassen J., Szafarski J., Halford J., Dean B., Kaplan P., Hirsch L.J., LaRoche S. Generalized periodic discharges and 'triphase waves': A blinded evaluation of inter-rater agreement and clinical significance. *Clin Neurophysiol.* 2016; 127(2): 1073–1080. doi:10.1016/j.clinph.2015.07.018
33. Alkhachroum A.M., Al-Abri H., Sachdeva A., Maturu S., Jennifer J., Wang H., Rizvi M., Vaca G., Lüders H. Generalized periodic discharges with and without triphasic morphology. *J Clin Neurophysiol.* 2018;35(2):144–150. doi: 10.1097/WNP.0000000000000441
34. Granner M.A., Lee S.I. Nonconvulsive status epilepticus: EEG analysis in a large series. *Epilepsia* 1994;35:42–47. doi: 10.1111/j.1528-1157.1994.tb02910.x
35. М.В. Синкин, В.В. Крылов. Ритмические и периодические паттерны ЭЭГ. Классификация и клиническое значение. Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. 2018;10:2–9–20.
36. Trinka E., Leitinger M. Which EEG patterns in coma are nonconvulsive status epilepticus? *Epilepsy Behav.* 2015; 49:203–222. doi:10.1016/j.yebeh.2015.05.005
37. Kaplan P.W. Nonconvulsive status epilepticus in the emergency room. *Epilepsia* 1996;37(7):643–650. doi: 10.1111/j.1528-1157.1996.tb00628.x
38. Kaplan P.W., Schlattman D. Comparison of triphasic waves and epileptical discharges in one patient with genetic epilepsy. *J Clin Neurophysiol* 2012;29(5):458–461. doi: 10.1097/WNP.0b013e31826bde70
39. Schomer D.L., Da Silva F.L.(Ed.) *Niedermeyer's electroencephalography: basic principles, clinical applications, and related fields.* Philadelphia. Lippincott Williams & Wilkins; 2012.
40. Sully K.E., Husain A.M. Generalized Periodic Discharges: A Topical Review. *J Clin Neurophysiol.* 2018;35(3):199–207. doi:10.1097/WNP.0000000000000460
41. Ruiz A.R., Vlachy J., Lee J., Gilmore E., Turgay T., Haider H., Gaspard N., Ehrenberg J., Benjamin B., Fantaneanu T., Fernandez A., Hirsch L., LaRoche S. Association of periodic and rhythmic electroencephalographic patterns with seizures in critically ill patients. *JAMA Neurol* 2017;74(2):181–8. doi: 10.1001/jamaneurol.2016.4990
42. Husain A.M., Meubst K.A., Radtke R.A. Generalized periodic epileptiform discharges: etiologies, relationship to status epilepticus, and prognosis. *J Clin Neurophysiol* 1999;16(1):51–8. doi: 10.1097/00004691-199901000-00005
43. Beniczky S., Hirsch L.J., Kaplan P.W., Pressler R., Bauer G., Aurlen H., Brögger J.C., Trinka E. Unified EEG terminology and criteria for nonconvulsive status epilepticus. *Epilepsia.* 2013;54 (SUPPL. 6):28–29. doi:10.1111/epi.12270
44. Beniczky S., Aurlen H., Brögger J.C., Hirsch L.J., Schomer D.L., Trinka E., Pressler R.M., Wennberg R., Visser G.H., Eisermann M., Diehl B. Standardized computer-based organized reporting of EEG: SCORE — Second version. *Clin Neurophysiol.* 2017;128(11):2334–2346. doi: 10.1016/j.clinph.2017.07.418
45. Kaplan P.W., Sutter R. Affair with Triphasic Waves — Their Striking Presence, Mysterious Significance, and Cryptic Origins: What are They? *J Clin Neurophysiol.* 2015;32(5):401–405. doi:10.1097/WNP.0000000000000151
46. Baverschmidt A., Rubinos C., Claassen J. Approach to managing periodic discharges. *J Clin Neurophysiol.* 2018;35(4):309–313. doi: 10.1097/WNP.0000000000000464
47. O'Rourke D., Chen P.M., Gaspard N., Foreman B., McClain L., Karakis I., Mahulika A., Westover B.M. Response Rates to Anticonvulsant Trials in Patients with Triphasic-Wave EEG Patterns of Uncertain Significance. *Neurocrit Care.* 2016;24(2):233–239. doi:10.1007/s12028-015-0151-8
48. Kaplan P.W., Birbeck G. Lithium-induced confusional states: nonconvulsive status epilepticus or triphasic encephalopathy? *Epilepsia.* 2006;47(12):2071–2074. doi: 10.1111/j.1528-1167.2006.00849.x
49. Fountain N.B., Waldman W.A. Effects of benzodiazepines on triphasic waves: implications for nonconvulsive status epilepticus. *J Clin Neurophysiol.* 2001;18:345–352. doi: 10.1097/00004691-200107000-00006
50. Синкин М.В., Баранова Е.А., Комольцев И.Г. Методология регистрации и описания электроэнцефалограмм у пациентов с угнетением уровня бодрствования. Медицинский алфавит. Серия «Современная функциональная диагностика». 2019;29(404):17–24.
51. Kane N., Acharya J., Beniczky S., Caboclo L., Finnigan S., Kaplan P.W., Hiroshi Shibasaki H., Pressler R., J A M van Putten M.7 A revised glossary of terms most commonly used by clinical electroencephalographers and updated proposal for the report format of the EEG findings. Revision 2017. *Clin Neurophysiol Pract.* 2017;2:170–185. doi:10.1016/j.cnp.2017.07.002

Для цитирования: Баранова Е.А., Синкин М.В. Трифазные волны на электроэнцефалограмме у пациентов с энцефалопатией и их диагностическое значение. Обзор литературы. Медицинский алфавит. 2020; (32):38–43. doi.org/10.33667/2078-5631-2020-32-38-43

For citation: Baranova E.A., Sinkin M.V. Triphase waves on the electroencephalogram in patients with encephalopathy and their diagnostic value. Literature review. Medical alphabet. 2020; (32):38–43. https://doi.org/10.33667/2078-5631-2020-32-38-43



НЕЙРО-МС

- ▶ Мощный монофазный стимул
- ▶ Комплектации для одиночной и для парной стимуляции
- ▶ Индукторы различных форм и размеров с возможностью управления стимуляцией
- ▶ Идеальная совместимость с миографами большинства ведущих производителей

Диагностический монофазный магнитный стимулятор «Нейро-МС» разработан для использования в области научных исследований и во врачебной практике и позволяет проводить множество диагностических тестов. Мощный монофазный стимул активирует однородные группы нейронов и способствует получению воспроизводимых ответов с мышц верхних и нижних конечностей даже в условиях патологии.



Области применения

- ▶ Исследование центральных и периферических моторных проводящих путей у взрослых и детей
- ▶ Исследование черепно-мозговых нервов
- ▶ Ранняя диагностика, оценка, прогноз и мониторинг рассеянного склероза, бокового амиотрофического склероза, двигательных нарушений, болезни мотонейрона, повреждений спинного мозга и т. д.
- ▶ Оценка функционального состояния нейромедиаторных механизмов ЦНС, в том числе пре- и постсинаптических ГАМК_A- и ГАМК_B-рецепторов



Нейрософт

www.neurosoft.com

info@neurosoft.com

+7 4932 24-04-34, +7 4932 95-99-99

Россия, 153032, г. Иваново, ул. Воронина, д. 5

Нейрофизиологические методы идентификации светочувствительности при юношеской миоклонической эпилепсии (обзор)

К. В. Петров, врач ординатор кафедры нервных болезней с курсом ПО¹

Н. А. Шнайдер, д.м.н., профессор, ведущий науч. сотрудник, отделение персонализированной психиатрии и неврологии^{1,2}

Д. В. Дмитренко, д.м.н., профессор, заведующая кафедрой медицинской генетики и клинической нейрофизиологии Института последипломного образования¹

Е. А. Народова, к.м.н., ассистент кафедры нервных болезней¹

Р. Ф. Насырова, д.м.н., главный научный сотрудник, руководитель отделения персонализированной психиатрии и неврологии²

¹Красноярский государственный медицинский университет им. проф. В. Ф. Войно-Ясенецкого (КрасГМУ им. проф. В. Ф. Войно-Ясенецкого), Россия, г. Красноярск

²Национальный медицинский исследовательский центр психиатрии и неврологии им. В. М. Бехтерева (НМИЦ ПН им. В. М. Бехтерева), Россия, г. Санкт-Петербург

Neurophysiological methods of photosensitivity identification in juvenile myoclonic epilepsy (review)

K. V. Petrov¹, N. A. Shnyder^{1,2}, D. V. Dmitrenko¹, E. A. Narodova¹, R. F. Nasyrova²

¹Voyno-Yasenetsky Krasnoyarsk State Medical University (V.F. Voyno-Yasenetsky KrasSMU), Krasnoyarsk, Russian Federation

²Bekhterev National Medical Research Center of Psychiatry and Neurology (V.M. Bekhterev NMRC PN), St.-Petersburg, Russian Federation

Резюме

К настоящему времени показано, что юношеская миоклоническая эпилепсия (ЮМЭ) является распространенной формой генетической (идиопатической) генерализованной эпилепсии. Изучение нейрофизиологических факторов, ингибирующих и провоцирующих светочувствительность на электроэнцефалограмме (ЭЭГ), при ЮМЭ расширяют наше представление об этом заболевании, что важно для диагностики, лечения и прогноза.

Целью настоящего обзора является анализ нейрофизиологических методик, ингибирующих и провоцирующих светочувствительность на ЭЭГ у пациентов с ЮМЭ. Материалы и методы. Нами проведен поиск полнотекстовых публикаций на русском и английском языках за последнее десятилетие в базах данных eLibrary, PubMed, Web of Science, OxfordPress, Springer, Clinicalkeys с использованием ключевых слов: юношеская миоклоническая эпилепсия (ЮМЭ), диагностика, нейрофизиология, электроэнцефалография (ЭЭГ), открытие глаз, фотостимуляция, чувствительность к закрытию глаз, фотопароксизмальный ответ (ФПО), эпилепсия.

Результаты. В настоящее время, зрительные триггеры, такие как закрытие глаз, чувствительность к закрытию глаз/снятию фиксации, отличные от светочувствительности, рутинно используются при проведении ЭЭГ у пациентов с ЮМЭ, но редко научно исследуются при данной патологии. Однако показано, что чувствительность к закрытию глаз присутствует у 15–25% пациентов с ЮМЭ. Триггерная фотостимуляция наиболее эффективна для выявления фоточувствительности при ЮМЭ по сравнению с интермиттирующей (ритмической) фотостимуляцией. Частота встречаемости фоточувствительности у пациентов с ЮМЭ варьируется — от 30% до 54%. Точные механизмы этих феноменов до настоящего времени неизвестны. Предполагается, что чувствительность к закрытию глаз и фоточувствительность являются выражением гипервозбудимости затылочной коры головного мозга при ЮМЭ.

Заключение. Проанализированные нейрофизиологические и электроклинические исследования свидетельствуют о положительных сдвигах в диагностике ЮМЭ и изменении нашего представления об этом заболевании. Механизм чувствительности к закрытию глаз и фоточувствительности при ЮМЭ неизвестен, что является поводом для будущих исследований, чтобы уточнить их последствия, включая влияние на прогноз течения заболевания и роль в развитии фармакорезистентности. Однако, несмотря на характерную клиническую картину и прогресс современных нейрофизиологических методов исследования, вопрос о роли светочувствительности при этой форме эпилепсии остается проблемой для практикующих неврологов, а предложенные протоколы ЭЭГ нуждаются в модификации и более широком внедрении в реальную клиническую практику. Вариабельные световые и цветовые паттерны в телевещательном или видеонаблюдении материала с высокой скоростью изменения изображения высококонтрастных стимулов (более 3-х повторений в секунду) могут вызывать приступы у некоторых пациентов с ЮМЭ. Это требует изменения подходов к нейрофизиологической диагностике светочувствительности при ЮМЭ и использованию комбинированных триггеров при проведении видео-ЭЭГ-мониторинга.

Ключевые слова: юношеская миоклоническая эпилепсия (ЮМЭ), диагностика, нейрофизиология, электроэнцефалография (ЭЭГ), открытие глаз, фотостимуляция, чувствительность к закрытию глаз, фотопароксизмальный ответ (ФПО), эпилепсия.

Summary

To date, it has been shown that juvenile myoclonic epilepsy (JME) is a common form of genetic (idiopathic) generalized epilepsy. The study of neurophysiological factors that inhibiting and provoking photosensitivity on the electroencephalogram (EEG) in JME expands our understanding of this disease, which is important for diagnosis, treatment and prognosis.

The purpose of this review is to analyze neurophysiological techniques that inhibiting and provoking photosensitivity on EEG in patients with JME.

Materials and methods. We searched for full-text publications in Russian and English over the past two decades in the databases eLibrary, PubMed, Web of Science, OxfordPress, Springer, Clinicalkeys using keywords: juvenile myoclonic epilepsy (JME), diagnostics, neurophysiology, electroencephalography (EEG), eye opening, photostimulation, eye closure sensitivity, photoparoxysmal response (PPR), epilepsy.

Results. Currently, visual triggers such as eye closure, eye closure sensitivity (ECS)/fixation-off sensitivity, other than photosensitivity, are routinely used for EEG in patients with JME, but are rarely scientifically investigated for this pathology. However, it has been shown that ECS is present in 15–25% of patients with JME. Trigger photostimulation is most effective for detecting photosensitivity in JME compared to intermittent (rhythmic) photostimulation. The frequency of photosensitivity in patients with JME is variable — from 30% to 54%. The exact mechanisms of these phenomena are still unknown. It is assumed that ECS and photosensitivity are expressions of hyperexcitability of the occipital cortex in JME.

Conclusion. The analyzed neurophysiological and electroclinical studies indicate positive changes in the diagnosis of JME and changes in our understanding of this disease. The mechanism of ECS and photosensitivity in JME is unknown, which is a reason for future research to clarify their consequences, including their impact on the prognosis of the disease and their role in the development of pharmacoresistance. However, despite the characteristic clinical picture and the progress of modern neurophysiological research methods, the question of the role of photosensitivity in this form of epilepsy remains a problem for practicing neurologists, and the proposed EEG protocols need to be modified and more widely implemented in real clinical practice. Variable light and color patterns in broadcast or video game material with a high rate of image change of high-contrast stimulation (more than 3 repetitions per second) can cause seizures in some patients with JME. This requires changing approaches to the neurophysiological diagnosis of photosensitivity in JME and the use of combined triggers for video EEG monitoring.

Keywords: juvenile myoclonic epilepsy (JME), diagnostics, neurophysiology, electroencephalography (EEG), eye opening, photostimulation, eye closure sensitivity, photoparoxysmal response (PPR), epilepsy.

Введение

Юношеская миоклоническая эпилепсия (ЮМЭ), известная как синдром Янца (Janz syndrome) в Европе и синдром Кастелса — Мандилахарса (Castels and Mendilaharsu syndrome) в Южной Америке, впервые описана в 1854 году Delasiauve ('motor petit mal') и Herpin в 1867 году ('impulsions, commotions') [1]. ЮМЭ является распространенной формой идиопатической (генетической) эпилепсии [2, 3], которая составляет 5–10% от всех эпилепсий [4]. Заболевание характеризуется возраст — зависимым дебютом с миоклоний верхних конечностей в подростковом возрасте, а также генерализованных тонико-клонических приступов (ГТКП) в большинстве случаев [5, 6]. Наиболее типичен возраст дебюта ЮМЭ между 12 и 18 годами жизни ($15 \pm 3,5$ лет), но симптомы заболевания могут наблюдаться в более широком возрастном диапазоне — от 6 до 36 лет [7–9]. Приступы чаще провоцируются нарушением сна (84%), стрессом (70%) или приемом алкоголя (51%). Реже, другими факторами, включая, нарушение поведения, гормональные изменения во время менструации, фотостимуляцию, наркотическую зависимость, страх (тревога) повторения приступов [10]. К сожалению, у одной трети пациентов с ЮМЭ имеются рефрактерные к противоэпилептическим препаратам (ПЭП) приступы, а риск срыва ПЭП-индуцированной ремиссии высок, достигая 70–80%, при отмене приема ПЭП [10, 11].

В последние годы повышается внимание клиницистов и исследователей к фоточувствительности при ЮМЭ и ее роли в прогнозе течения заболевания, включая риск срыва ПЭП-индуцированной ремиссии и фармакорезистентности. Дефектные флуоресцентные огни, полосы и лампочки могут вызвать эпилептический припадок, если они мерцают. Это следует учитывать особенно в организованных детских коллективах или в семьях, имеющих детей возрастной группы риска (например, мелькание огней Рождественской елки должно соответствовать правилам техники безопасности). Эпилептические припадки могут быть спровоцированы контрастными образами (черно-белые полосы, некоторые шаблонные материалы, большие области пола и плиток потолка с высокими контрастными линиями) или перемещающимися образами (взгляд на движущийся эскалатор или движущийся поезд). Пребывание на ярком солнечном свете редко вызывает развитие эпилептических припадков у больных ЮМЭ с фотосенситивностью, но при зроре непосредственно на определенные образы/предметы, отражающие мерцающие солнечные блики, припадок может быть спровоцирован (например, при движении в автомобиле по дороге, освещенной ярким солнечным светом, пробивающимся через деревья, растущие на обочине, а также при зроре на солнечные блики, отраженные от движущейся воды реки, водопада, солнечный свет сквозь решетчатые жалюзи или сквозь перила лестницы, если быстро спускаться/подниматься по ней, лежаки на пляже могут спровоцировать эпилептический приступ, если солнечный свет отражается и бликует от тубок, поддерживающих тент лежака). Фоточувствительные эпилептические припадки на солнечный свет могут быть вызваны и самоиндукцией, которую применяют некоторые пациенты с ЮМЭ как с нормальным интеллектом, так и с когнитивными и поведенческими расстройствами (например,

ритмичные взмахи разомкнутых пальцев кисти перед глазами напротив источника света) [12].

Риск развития фоточувствительности у пациентов с ЮМЭ повышен и при использовании современной техники, например, он зависит от типа телевизионного и компьютерного экранов, размеров и характеристик изображения. Существуют различные типы экрана, которые используются в компьютерной или телевизионной технике — это экраны на основе электронно-лучевой трубки, жидкокристаллические экраны и плазменные экраны. Экран с электронно-лучевой трубкой склонен к мерцанию. Современные экраны электронно-лучевой трубки в норме имеют 100 мельканий каждую секунду (100 Гц), поэтому, как правило, и если они не дефектны, имеют низкий риск провокации фотосенситивности. В жидкокристаллическом экране испускающий свет диод и экраны транзистора используют жидкие кристаллы, чтобы создать яркую картину изображения. Такие экраны тонкие и плоские. Жидкокристаллические экраны не мерцают и намного реже вызывают эпилептические припадки по сравнению с экранами на основе электронно-лучевой трубки. Однако риск провокации фоточувствительности при использовании жидкокристаллических экранов не исключен полностью, потому что они дают более яркое и контрастное изображение. Резкий контраст ярких цветов (особенно красного и синего) значительно увеличивает риск развития эпилептических припадков. Плазменные экраны для визуализации картины используют крошечные газовые плазменные ячейки, они тонкие и имеют плоский экран. Риск провокации фоточувствительности также, как и при жидкокристаллических экранах, не исключен полностью, поскольку плазменные экраны более яркие и имеют больше контрастирующих цветов, чем электроннолучевая трубка и жидкокристаллические экраны [13].

Длительное время при проведении электроэнцефалографии (ЭЭГ) и видео-ЭЭГ-мониторинге при обследовании пациентов с ЮМЭ использовались стандартные (рутинные) тесты (методики) для диагностики фоточувствительности (открытие/закрытие глаз, ритмическая фотостимуляция — РФС), однако в последние годы предложены другие методики, как простые (триггерная фотостимуляция — ТФС), так и комплексные (специфические), поскольку все большее число пациентов сообщают о различных факторах, провоцирующих фоточувствительные эпилептические приступы: чувствительность к ситуациям, в которых они работают на компьютере, посещают кинотеатр и развлекательные мероприятия, или играют в видеоигры, особенно когда используются световые или цветовые эффекты с высокой скоростью изменения изображения [12]. В целом, все большее число исследований свидетельствуют о том, что ЮМЭ относится к наиболее чувствительным эпилептическим синдромом к световым триггерам среди всех форм ИГЭ.

Целью настоящего обзора является анализ нейрофизиологических методик, ингибирующих и провоцирующих светочувствительность на ЭЭГ у пациентов с ЮМЭ.

Материалы и методы

Нами проведен поиск в англоязычных (PubMed, Oxford Press, Springer, Clinicalkeys) и русскоязычных

(eLibrary, Cyberlelinka) базах данных с использованием ключевых слов: юношеская миоклоническая эпилепсия (juvenile myoclonic epilepsy), ЮМЭ (JME), диагностика (diagnostics), нейрофизиология (neurophysiology), электроэнцефалография (electroencephalography), ЭЭГ (EEG), открытие глаз (eye opening), фотостимуляция (photostimulation), чувствительность к закрытию глаз (eye closure sensitivity), фотопароксизмальный ответ (photoparoxysmal response), ФПО (PPR), эпилепсия (epilepsy).

Глубина поиска составила — 20 лет (2000–2020 годы). Анализовались полнотекстовые публикации на русском и английском языках, включая оригинальные исследования, обзоры, клинические случаи. Всего с использованием комбинации вышеуказанных ключевых слов найдено 318 публикаций, из них для реализации поставленной задачи в настоящий обзор включено 61 публикация.

Результаты

Закрытие глаз

Хотя о преходящем и кратковременном изменении исходного уровня ЭЭГ сразу после закрытия глаза впервые сообщил Robinson L. J. в 1930 г. [14], с тех пор было проведено ограниченное число исследований, изучающих роль этой нейрофизиологической пробы при проведении ЭЭГ при конкретных эпилептических синдромах, включая абсансы с миоклонией век (синдром Живонса), детскую и юношескую абсансную эпилепсию, ЮМЭ [15–17]. В настоящее время, зрительные триггеры, такие как закрытие глаз (ЗГ), чувствительность к закрытым глазам (eye closure sensitivity — (ECS))/снятие фиксации (fixation-off sensitivity — FOS), отличные от светочувствительности, рутинно используются при проведении ЭЭГ у пациентов с ЮМЭ, но редко научно исследуются при данной патологии [18], поскольку считается, что в отличие от синдрома Живонса, при котором чувствительность к закрытию глаз (ЧЗГ) является неблагоприятным прогностическим признаком и часто ассоциируется с фармакорезистентностью [19], при ЮМЭ прогностическая роль ЧЗГ не значима [17].

После ЗГ, в норме, наступает реакция отдачи, которая проявляется во временном усилении основного ритма. При этом оценивают реактивность коры, стойкость процессов возбуждения в коре, степень и стойкость реакции отдачи, латенцию восстановления основного ритма [20]. Известно, что базовая электрическая активность и возбудимость головного мозга изменяются при ЗГ, при этом альфа-ритм имеет более высокую частоту сразу после ЗГ [21]. Пароксизмальный ответ на ЗГ или ЧЗГ — это переходная стадия, которая непосредственно следует за закрытием глаз, длится менее 3 секунд и не сохраняется в течение оставшегося времени, в течение которого глаза закрыты [22]. Таким образом, при анализе результатов ЭЭГ необходимо помнить, что наиболее значимыми являются первые 3 секунды от момента ЗГ, при этом ЧЗГ возникает в основном, но не исключительно, у светочувствительных пациентов [23]. Вызванные ЗГ временные эпилептиформные изменения на ЭЭГ, в основном, генерализованные, появляются в течение 2–4 секунд после ЗГ и кратковременны, обычно длятся 1–4 секунды (рис. 1) [22]. Наиболее вероятным предположением о пароксизмальной ак-

тивности, индуцированной ЗГ, является то, что ЗГ может быть связано с механизмом усиления альфа-ритма [24]. Однако, патофизиология пароксизмальной активности, лежащей в основе феномена ЧЗГ, которая может возникать в ряде корковых или подкорковых локализаций, обычно неизвестна [25].

Проведенные ранее исследования свидетельствуют о том, что ЧЗГ присутствует у 15–25 % пациентов с ЮМЭ [26, 27].

При открытии глаз альфа-ритм исчезает и заменяется быстрыми ритмами (реакция активации). При этом оценивают скорость наступления реакции, степень угнетения альфа-ритма, стойкость активации.

Ритмическая и триггерная фотостимуляция

Методика РФС заключается в том, что пациенту с закрытыми (чаще) или открытыми (реже) глазами предъявляются ритмические вспышки света различной частоты. Вариантами физиологического ответа на РФС у здоровых людей являются: отсутствие изменений на ЭЭГ; реакция усвоения (навязывания) ритма. Фотомиоклоническая реакция (ФМР, photo-myoclonic responses — PMR) в виде ритмичных вздрагиваний (миоклоний) мышц лица, периокулярной мускулатуры, иногда верхних конечностей и шеи в ответ на ритмические вспышки света без возникновения эпилептиформной активности на ЭЭГ наиболее часто возникает на частотах от 12 до 18 Гц [20]. Генерализованный фотопароксизмальный ответ (ФПО, photoparoxysmal response — PPR) чаще наблюдается на частотах от 15 до 20 Гц и максимально часто регистрируется у пациентов в возрасте от 10 до 25 лет, но возможен и в более позднем возрасте у пациентов с ЮМЭ (рис. 3) [17]. РФС может провоцировать три основных вида эпилептических припадков: ГТКП, эпилептический миоклонус и абсансы.

Триггерная фотостимуляция (ТФС) наиболее эффективна для выявления латентной фоточувствительности. Ответ на ТФС ярче выявляется с затылочных электродов по медианной (вертексной) линии или с области очага процесса. ТФС — это стимуляция в ритме колебаний потенциалов мозга. Управление ритмов раздражения осуществляется через специальное устройство обратной связи путем подачи на него колебаний потенциала и превращения их в управляющий сигнал для фотостимулятора. Стимуляцию осуществляют сериями. Длительность серии 10–15 сек. при сохранении раздражающего стимула от момента перехода волны от минуса к плюсу через нулевую линию на 300, 250, 200, 150, 100, 80, 50, 20, 10 и 0 мс. Задержки 300, 250, 200 мс. возбуждают дельта-активность, задержки 200, 150 и 100 мс. возбуждают тета-активность, задержки 100, 80 и 50 мс. возбуждают альфа-ритм, задержки 20, 10 и 0 мс. возбуждают высокие частоты, а также дельта — и тета-ритм [20].

Генез электроклинических проявлений ФПО у человека, по-видимому, кортикальный [28]. ФПО опосредуется парвоцеллюлярным зрительным путем [29], прогнозирует клиническую светочувствительность [30] и может зависеть либо от длины волны, либо от количества света [31]. Альтернативная гипотеза [32] поддерживает идею о том, что при гипервозбудимости коры разряд может начинаться в магноцеллюлярных клетках, где магноцеллюлярные разряды предоставляют наибольшие возможности для синхронизации корковой активности; эта активность у зрительно

чувствительных пациентов не обнаруживается, возможно, из-за нарушения механизма контроля усиления контраста [33]. Распространение разрядов на первичную моторную кору или супрасильвиальные или инфрасильвиальные области коры вызывает миоклонус или ГТКП, или комплексные фокальные припадки соответственно [34, 35]. Синхронизация и генерализация пароксизмальных разрядов на ЭЭГ в обоих полушариях опосредуется мозолистым телом. При ИГЭ, включая ЮМЭ, по-видимому, существует единственный дефект и модифицирующий дефект, соответственно, фоточувствительного пути, в то время как при нейродегенеративных расстройствах дефект индуцируется коллатеральной аномалией [36].

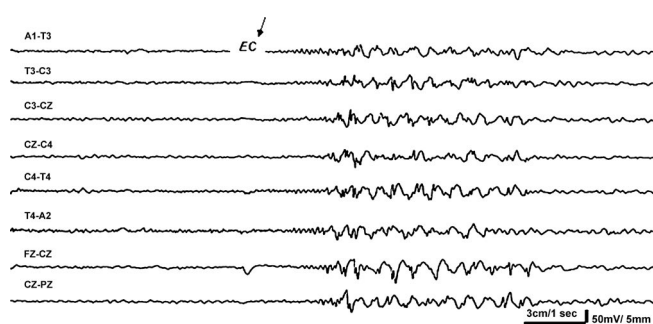


Рисунок 1. Генерализованная полиспайк — медленноволновая активность после закрытия глаз длительностью 1–4 секунды у пациента с абсансами с миоклонией век [22].

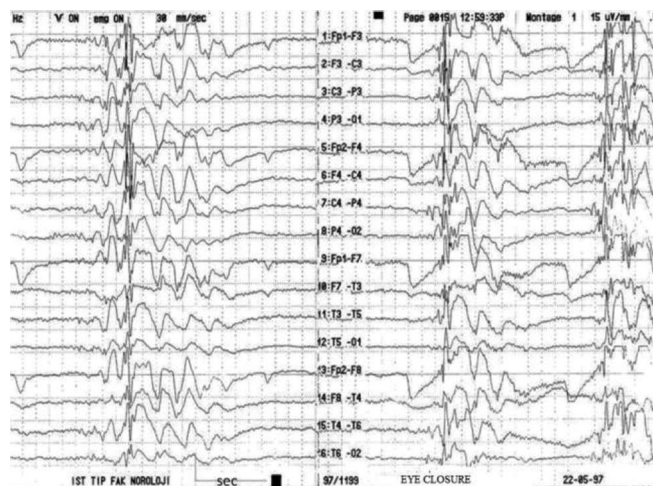


Рисунок 2. Генерализованная полиспайк — медленноволновая активность, зарегистрированная более чем в двух случаях после закрытия глаз (исключая период РФС); эти разряды были расценены как чувствительность к закрытию глаз у этой пациентки с ЮМЭ с длительным анамнезом заболевания и дебютом миоклоний с 14 лет, достигнутой клинической фармакоиндуцированной ремиссией на фоне приема препарата вальпроевой кислоты в дозе 500 мг/сут [17].

Обсуждение

Эффект фотостимуляции на ЭЭГ впервые описали Adrian E. D. и Matthews B. H. в 1934 году, когда изучали ритм, описанный Гансом Бергером (Berger Rhythm) [37]. Этот феномен нашел отражение в таких утверждениях: «электроэнцефалограмма (ЭЭГ) продемонстрировала, что преципитация припадков светом не является чисто эмоциональным феноменом»; или «закрытие глаз вызывает повышенный ритм Бергера в затылочных отведениях»; или

даже «это также может вызвать преципитацию petit mal (3/сек медленные волны)» и «мозговые волны могут быть доведены до другой скорости ритмической фотической стимуляцией» [38]. Возможность того, что РФС индуцирует эпилептические приступы, была признана Cobb W. A. в 1947 году, который вспомнил предположение Monrad Krohn о том, что «приступы могут быть вызваны добровольным морганием в течение 10 или 20 минут», и который сообщил о трех случаях, когда незначительные приступы сопровождалось воздействием мерцающего света [39, 40]. Прошло более 80 лет с тех пор, как были опубликованы эти классические исследования. В промежутке времени многие исследователи изучали связь между фоточувствительностью и эпилепсией. Ключевой вклад в характеристику эпилептических разрядов, вызванных ЗГ или РФС, и их связь с эпилепсией внесли Bickford R. G. et al. в 1952 году [41]. С этого момента ФПО и ФМР, индуцированные РФС, стали рассматриваться как отдельные сущности: при ФМР миоклонический ответ блокируется стимулом; ФПО характеризуется повторяющимися двусторонними разрядами, продолжающимися после прекращения стимула [41], хотя ФПО и ФМР легко могут трансформироваться в ГТКП [41, 42]. В течение 50-х и 60-х годов XX века два события положили начало новой эре исследований в этой области. Одним из них была пионерская работа Panayiotopoulos C. P. et al. (1970) [43], позволившая лучше понять структуры мозга и реакции (физиологические или эпилептиформные), связанные с фоточувствительностью. Другой причиной было растущее и широко распространенное во всем мире использование устройств, излучающих прерывистый свет, способных вызывать эпилептиформную активность в головном мозге и вызывать эпилептические припадки (включая телевизоры, флуоресцентно освещенные рекламные объявления, а позднее и специфические паттерны в печатных средствах массовой информации или компьютерных играх) [40]. В последующие годы показано, что примерно 5% пациентов с эпилепсией имеют фоточувствительность, которая чаще встречается у молодых людей, чаще у женщин, часто ограничена во времени, обычно легко поддается лечению и тесно связана с генерализованными эпилепсиями, особенно с ЮМЭ [44]. Идея Wolf P. и Goosses R. (1986) [44] о высокой фоточувствительности ЮМЭ была подтверждена обнаружением генерализованных полиспайк-медленноволновых разрядов и общей преципитации миоклонических припадков во время РФС, хотя эти же авторы сообщили, что версивные припадки со зрительными галлюцинациями были единственным фокальным типом припадков, связанным с фоточувствительностью. Также, они считали, что «никакой корреляции с фоточувствительностью не может быть продемонстрировано при юношеской абсансной эпилепсии, и это должно быть противопоставлено ЮМЭ, которая имела самый высокий уровень фоточувствительности из всех эпилептических синдромов». Любопытно, что оба синдрома проявляются примерно в одном и том же возрасте. Гипотеза, лежащая в основе такого различия, состоит в том, что «фоточувствительность является патогенным фактором и что наличие или отсутствие фоточувствительности может иметь решающее значение для типа приступа, который развивается». Авторы с удовлетворением отметили, что

«преобладание женщин как при детских абсансах, так и при фоточувствительности может быть обусловлено одним и тем же неизвестным фактором» [40, 44]. Ассоциация между фоточувствительностью и ЮМЭ также была описана Appleton R. et al. (2000) [45]: 61 % детей с ЮМЭ демонстрировали фотосенситивность при рутинной РФС. Эта доля увеличилась до 90 % детей, если РФС была продлена максимум до 5 минут. Основываясь на этих наблюдениях, авторы пришли к выводу, что ЭЭГ должна включать РФС в течение пяти минут, когда проводится дифференциальная диагностика между юношеской абсансной эпилепсией и ЮМЭ [45].

Феномен ЧЗГ у пациентов с ЮМЭ можно легко упустить из виду, если пациентам не предписывают многократно закрывать и открывать глаза во время обычных записей ЭЭГ. Последствия этого редкого явления ЭЭГ неизвестны. Хотя, Duncan J. S. и Panayiotopoulos C. P. (1996) предположили, что идеальной моделью для исследования ЧЗГ являются абсансы с миоклонией век (синдром Дживонса) [46], другие ИГЭ, включая ЮМЭ, могут сопровождаться этим электрофизиологическим феноменом [16, 22]. Предполагается, что частота провокации эпилептиформной активности в результате ЗГ у пациентов с фоточувствительностью составляет 20–36 % [47, 48], однако Kohno C. et al. (1987) [49] и Gobbi G. et al. (1989) [50] сообщили о наличии фоточувствительности у 72,2 % и 63,6 % пациентов с ЧЗГ, соответственно. Хотя, фоточувствительность была отмечена у 42,3 % пациентов с ЧЗГ при ИГЭ, включая ЮМЭ, в исследовании Sevgi E. V. et al. (2007), авторы не обнаружили сильной связи между фоточувствительностью и наличием ЧЗГ [22]. В продольном исследовании Fabian A. и Wolf P. (1987) [51] предположили, что как ЧЗГ, так и фоточувствительность могут быть связаны с возрастом пациентов. Gobbi G. et al. (1989) [50] пришли к выводу, что наличие ЧЗГ без фоточувствительности можно объяснить по-разному: другим рефлекторным механизмом, ПЭП или возрастом пациента. Fabian A. и Wolf P. (1987) [51] описали 13 пациентов с ЧЗГ, которые наблюдались в течение как минимум 5 лет, и показали, что ЧЗГ чаще встречается у женщин, развивается в более позднем возрасте и сохраняется дольше, чем фоточувствительность, что согласуется с исследованием Sevgi E. V. et al. (2007) [22]. Kohno C. et al. (1987) [49] сообщили о высоком уровне отягощенного семейного анамнеза по эпилепсии у родственников первой и второй степени родства у 33 % пациентов с ЧЗГ. Sevgi E. V. et al. (2007) [22] также обнаружили высокий уровень отягощенности семейного анамнеза по эпилепсии (42,3 %) у пациентов с ЧЗГ, что согласуется с исследованием при ЮМЭ и идиопатической затылочной эпилепсией, проведенном Taylor I. et al. (2004) [52].

Güveli B. T. et al. (2013), обследуя пациентов с ЮМЭ, расценивали как ЧЗГ генерализованные спайк- или полиспайк — медленноволновые разряды на ЭЭГ покоя, возникшие, по крайней мере, в двух случаях после ЗГ (исключая период РФС), а фокальные спайки/острые волны или рецидивирующие локализованные пароксизмы медленных волн частотой от 2 до 7 Гц интерпретировали как фокальную аномалию. Авторы показали, что только у 4 из 76 пациентов выявлена ЧЗГ (5,3 %), но только у одного из них был плохой прогноз. Кроме того, 11 пациентов (14,5 %) имели как ЧЗГ, так

и фоточувствительность, а у двух из этих пациентов был плохой прогноз. Таким образом, ни чистый ЧЗГ, ни ЧЗГ с ФПО не коррелировали с плохим прогнозом ЮМЭ, в то время

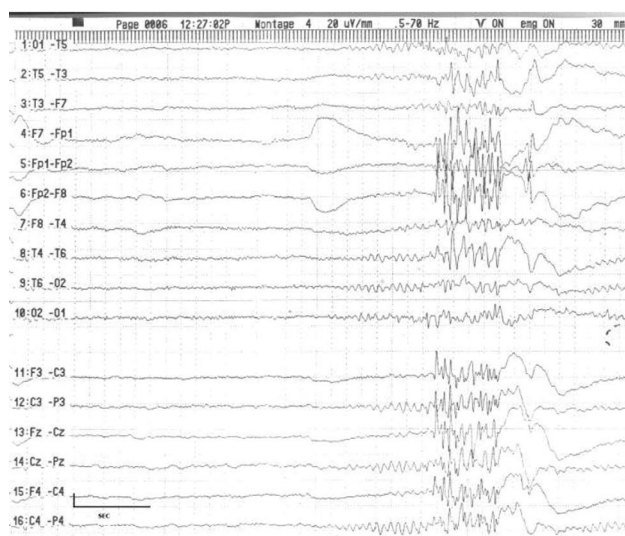
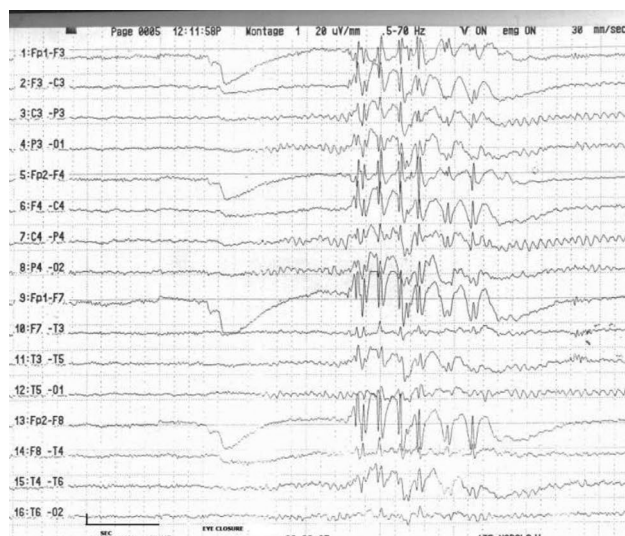


Рисунок 3. Чувствительность к закрытию глаз у 30-летней пациентки с ЮМЭ (а); фотопроксизмальный ответ в виде генерализованной полиспайк-медленноволновой активности во время РФС после закрытия (б) и продолженной полиспайковой активности во время РФС после закрытия (в) глазах у этой же пациентки [17].

как отягощенный семейный анамнез по эпилепсии и атипичные для ЮМЭ изменения ЭЭГ коррелировали с худшим прогнозом. В результате авторы пришли к выводу, что ЧЗГ является редкой находкой на ЭЭГ при ЮМЭ и, по-видимому, не является маркером плохого прогноза [17].

Частота встречаемости фоточувствительности при РФС и ТФС у пациентов с ЮМЭ вариабельна — от 30 % до 54 % [44, 53–55]. По данным Covanis A. (2005), при применении классических триггерных нейрофизиологических методик абсансы, ГТКП и ФПО встречаются в 60 %, 48 % и 75 % случаев соответственно. Почти в 50 % случаев регистрируется фотопароксизмальная реакция во время проведения РФС. Положительный ответ на РФС увеличивается до 83 % у пациентов с дебютом заболевания в возрасте до 12 лет. У 76 % фоточувствительных пациентов с ЮМЭ во время световых триггеров регистрируются смешанные приступы (миоклонии и абсансы — 24%; миоклонии и ГТКП — 23%; миоклонии, абсансы и ГТКП — 29%), а в 24 % случаев только миоклонии [36].

Расширение арсенала нейрофизиологических тестов для диагностики фотосенситивных/скотосенситивных пациентов с ЮМЭ важно в клинической практике, поскольку провоцирующими триггерными факторами, вызывающими миоклонии и ГТКП у таких пациентов, являются телевидение, видео- и компьютерные игры, а также естественное (например, отражение солнечного света) и экологическое (например, флуоресцентное, стробоскопическое/дискотечное) освещение. Любые изменения яркости/контраста, рисунка и цвета могут спровоцировать приступы у светочувствительных людей. При телевизионной эпилепсии мерцание света становится рискованным при частоте выше трех вспышек в секунду (>3 Гц). Для игроков в видеоигры, помимо телевизионных характеристик, также важен визуальный контент игры [12, 56].

Нет никаких сомнений в том, что вариабельные паттерны в телевещательном или видеоигровом материале с высокой скоростью изменения изображения высококонтрастных стимулов могут вызывать эпилептические приступы у некоторых пациентов с ЮМЭ. Показано, что эти изменения структуры телевещательного материала могут привести к возникновению ГТКП, если число повторений превышает 3 Гц [13, 36].

Существует несколько других факторов, таких как бинокулярная стимуляция по сравнению с монокулярной, осциллирующие по сравнению со статическими и дрейфующими паттернами, изменения в освещенности и цвете и длинноволновой красный цвет, которые усиливают предрасположенность к ГТКП и миоклониям у пациентов с ЮМЭ. Кроме того, красно-синий цвет более провокационный, чем светящийся красно-зеленый. Дополнительные нефотические факторы, такие как когнитивные способности, тревога и возбуждение, усталость и недосыпание, могут способствовать возникновению ФПО и ГТКП. Однако следует помнить, что при ЮМЭ возможно развитие и спонтанных (самопроизвольных) миоклоний и ГТКП во время просмотра телевизора или видеоигры, поэтому для дифференциальной диагностики с фоточувствительностью необходимо проведение видео-ЭЭГ-мониторинга с применением спе-

цифических (просмотр телевизора, видеоигра), а не рутинных (ОГ/ЗГ, РФС и ТФС) нейрофизиологических триггеров. Фоточувствительность, по существу, является лабораторной находкой и может быть установлена только с помощью адекватной методики. Важными факторами являются выбор фотостимулятора, методологии и адекватная клиническая интерпретация полученных результатов [36, 57].

ГТКП являются наиболее распространенным типом припадков, встречающимся примерно у 80 % фоточувствительных пациентов с ЮМЭ. Развитию ГТКП во время проведения ЭЭГ с использованием классического или дополнительных (включая, специфические) триггеров могут предшествовать повторные миоклонии, или ГТКП возникают без каких-либо предшествующих клинических явлений, обычно после длительного воздействия зрительного стимула [36].

Индукцированные фотостимуляцией миоклонии бывают синхронными (массивными), асинхронными (мимолетными), симметричными, асимметричными, двусторонними, односторонними или очаговыми. Они возникают в начале, во время, в конце или сразу после генерализованного спайк — медленноволнового разряда. Зрительный стимул обычно вызывает миоклонии, идентичные тем, которые наблюдаются спонтанно у одного и того же пациента, обычно вовлекая верхнюю часть тела (голову, плечи, верхние конечности). В младенчестве и детстве они могут иметь ножничный рисунок или присутствовать как легкое движение, мерцание или дрожь.

Самоиндуцированные миоклонии при ЮМЭ также возможны, но они индуцируются, как правило, самим пациентом, когда он машет перед своими глазами рукой напротив источника света. Интенсивность миоклоний варьируется от субъективного ощущения до только что зарегистрированного, видимого или умеренного и выраженного миоклонического рывка, который может привести к падению вещей, неуклюжести или даже падению пациента. Массивные толчки, вовлекающие все четыре конечности и тело в сгибание, также происходят, особенно у детей младшего возраста. Визуальные стимулы вызывают миоклонии легче во время сонливости, которая, если она сохраняется, может вызвать повторные миоклонии с последующим присоединением ГТКП [26].

Индукцированные фотостимуляцией абсансы могут быть очень краткими и незаметными явлениями, которые включают открытие и закрытие глаз, пристальный взгляд или миоклония век и пристальный взгляд, наблюдаемые во время видео-ЭЭГ-мониторинга. Абсансы могут сопровождаться миоклониями лица (бровь, периоральная область) или следовать за миоклонией.

Тонические припадки — редкое явление при ЮМЭ, вызванное фотостимуляцией. Некоторые подергивания головы могут эволюционировать в устойчивую версионную позу головы и глаз в одну сторону, продолжающуюся до тех пор, пока пациенту предъявляется световой (визуальный) стимул [58] или до трансформации в ГТКП в некоторых случаях.

Фоточувствительность дебютирует в период полового созревания и, как правило, исчезает примерно в 24 года [59]. Однако по данным ретроспективного исследования Güveli B. T. et al. (2013) показано, что как фоточув-

ствительность, так и ЧЗГ могут сохраняться в течение 3-го десятилетия у некоторых пациентов с ЮМЭ. В то же время, авторами не показано какого-либо специфического влияния ПЭП на светочувствительность у пациентов с ЮМЭ [17].

Электроклинические исследования выявили заметное, но неполное совпадение фоточувствительности с ЧЗГ; было высказано предположение, что механизмы, лежащие в основе ЧЗГ и фоточувствительности, могут быть разными, но коррелированными [60]. Однако точные механизмы этих феноменов до настоящего времени неизвестны. Предполагается, что ЧЗГ и ФПО являются выражением гипервозбудимости коры головного мозга при ЮМЭ [26]. Роль затылочной коры при фоточувствительных формах эпилепсии имеет решающее значение, поскольку как ЗГ, так и фотостимуляция (РФС, ТФС, специфические интермиттирующие зрительные стимулы — видеоролики, видеоигры и др.) могут синхронизировать нейроны затылочной коры в зависимости от многих других факторов, таких как интенсивность света, объем активированной коры, уровень возбудимости и паттерны распространения [61].

Заключение

Проанализированные нейрофизиологические и электроклинические исследования свидетельствуют о положительных сдвигах в диагностике ЮМЭ и изменении нашего представления об этом заболевании. Механизм ЧЗГ и ФПО при ЮМЭ неизвестен, что является поводом для будущих исследований, чтобы уточнить их последствия, включая влияние на прогноз течения заболевания и роль в развитии фармакорезистентности. Однако, несмотря на характерную клиническую картину ЮМЭ и прогресс современных нейрофизиологических методов функциональной диагностики, вопрос о роли фоточувствительности при этой форме эпилепсии остается проблемой для практикующих неврологов, а предложенные протоколы ЭЭГ нуждаются в модификации и последующем внедрении в реальную клиническую практику. Это диктуется расширением вероятности провокации эпилептических приступов у пациентов с ЮМЭ на работе, в быту, на отдыхе, во время развлекательных мероприятий. Однако подход к ограничениям жизнедеятельности того или другого пациента должен быть персонализированным, исходя из результатов нейрофизиологической диагностики фоточувствительности и уточнения клинической значимости простых или специфических (комбинированных) триггеров. Это важно с позиции медицинской реабилитации пациентов с ЮМЭ, улучшения их качества жизни и уменьшения социальной и профессиональной стигматизации.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Источник финансирования. Авторы заявляют об отсутствии финансирования при проведении исследования.

Conflict of interest. The authors declare the absence of obvious and potential conflicts of interest related to the publication of this article.

Source of financing. The authors state that there is no funding for the study.

Список литературы:

- Genton P., Thomas P., Kasteleijn-Nolst Trenité D. G., Medina M. T., Salas-Puig J. Clinical aspects of juvenile myoclonic epilepsy. *Epilepsy Behav.* 2013; 1: 8–14. doi: 10.1016/j.yebeh.2012.10.034
- Шаравии А. К. Распространенность эпилепсии и эпилептических синдромов в детской популяции Республики Тыва. *Сибирское медицинское обозрение.* 2010; 1(61): 64–67. [Sharavii L. K. Prevalence of epilepsy and epileptic syndromes in the children's population of the Republic of Tuva. *Siberian medical review.* 2010; 1(61): 64–67. (In Russ.)]
- Шнайдер Н. А., Шаповалова Е. А., Дмитренко Д. В., Садыкова А. В., Шаповалова Л. П. Эпидемиология детской эпилепсии. *Сибирское медицинское обозрение.* 2012; 2(74): 44–50. [Shnayder N. A., Shapovalova E. A., Dmitrenko D. V., Sadykova A. V., Shapovalova L. P. Epidemiology of childhood epilepsy. *Siberian Medical Review.* 2012; 2(74): 44–50. (In Russ.)]
- Berg A. T., Berkovic S. F., Brodie M. J., Buchhalter J., Cross J. H., van Emde Boas W., Engel J., French J., Glauser T. A., Mathern G. W., Moshé S. L., Nordli D., Plouin P., Scheffer I. E. Revised terminology and concepts for organization of seizures and epilepsies: report of the ILAE Commission on Classification and Terminology, 2005–2009. *Epilepsia.* 2010; 51: 676–685. doi: 10.1111/j.1528-1167.2010.02522.x
- Janz D. Epilepsy with impulsive petit mal (juvenile myoclonic epilepsy). *Acta Neurol. Scand.* 1985; 72(5): 449–459. doi:10.1111/j.1600-0404.1985.tb00900.x
- Карлов В. А., Фрейдкова Н. В. Юношеская миоклоническая эпилепсия. В кн.: Карлов В. А. (ред.) Эпилепсия у детей и взрослых женщин и мужчин. М.: Медицина; 2010. [Karlov V. A., Freidkova N. V. Juvenile myoclonic epilepsy. In: Karlov V. A. (ed.) *Epilepsy in children and adult women and men.* M.: Meditsina; 2010. (In Russ.)]
- Swartz B. E., Simpkins F., Halgren E., Mandelkern M., Brown C., Krisdakumtorn T., Gee M. Visual working memory in primary generalized epilepsy: an 18FDG-PET study. *Neurology.* 1996; 47(5): 1203–1212. doi: 10.1212/wnl.47.5.1203
- Kim J. H., Suh S. I., Park S. Y. Microstructural white matter abnormality and frontal cognitive dysfunctions in juvenile myoclonic epilepsy. *Epilepsia.* 2012; 53(8): 1371–1378. doi:10.1111/j.1528-1167.2012.03544.x
- O'Muircheartaigh J., Vollmar C., Barker G. J. Abnormal thalamocortical structural and functional connectivity in juvenile myoclonic epilepsy. *Brain.* 2012; 135(12): 3635–3644. doi: 10.1093/brain/aww296
- Vollmar C., O'Muircheartaigh J., Symms M. R. Altered microstructural connectivity in juvenile myoclonic epilepsy: the missing link. *Neurology.* 2012; 78(20): 1555–1559. doi: 10.1212/WNL.0b013e3182563b44
- Vulliemoz S., Vollmar C., Koepp M. J. Connectivity of the supplementary motor area in juvenile myoclonic epilepsy and frontal lobe epilepsy. *Epilepsia.* 2011; 52(3): 507–514. doi: 10.1111/j.1528-1167.2010.02770.x
- Садыкова А. В., Кантимирова Е. А., Стручков П. В., Шнайдер Н. А. Фотосенситивная эпилепсия. *Вестник Клинической больницы № 51.* 2013; 4: 18–24. [Sadykova A. V., Kantimirova E. A., Struchkov P. V., Shnayder N. A. Photosensitive epilepsy. *Bulletin of Clinical Hospital No. 51.* 2013; 4: 18–24. (In Russ.)]
- Шнайдер Н. А., Дмитренко Д. В., Садыкова А. В., Кантимирова Е. А., Чешейко Е. Ю., Шнайдер А. В. Фотосенситивные эпилептические приступы: методы нейрофизиологической диагностики. *Функциональная диагностика.* 2013; 3: 74–80. [Shnayder N. A., Dmitrenko D. V., Sadykova A. V., Kantimirova E. A., Chesheiko E. Y., Shnayder A. V. Photosensitive epileptic seizures: methods of neurophysiological diagnostics. *Functional diagnostics.* 2013; 3: 74–80. (In Russ.)]
- Robinson L. J. Induction of seizures by closing of the eyes, or by ocular pressure, in a patients with epilepsy. *J Nerv Ment Dis.* 1939; 90: 333–336
- Brigas G. P. I., Behl I., Wolf P. Epileptic discharge after eye closure: relation to epileptic syndromes. *Advances in epileptology.* vol. 16. New York Raven Press 1987; 255–258
- Kurt B., Gokyigit A., Parman Y., Kinay D., Gurses C. Eye closure related spike and wave discharges: clinical and syndromic associations. *Clin Electroencephalogr.* 1999; 30: 106–110. doi: 10.1177/155005949903000306
- Güveli B. T., Baykan B., Dörtcan N., Bebek N., Gürses C., Gökyigit A. Eye closure sensitivity in juvenile myoclonic epilepsy and its effect on prognosis. *Seizure.* 2013; 22(10): 867–871. doi:10.1016/j.seizure.2013.07.008

18. Karkare K. D., Menon R. N., Radhakrishnan A., Cherian A., Thomas S. V. Electroclinical characteristics and syndromic associations of «eye-condition» related visual sensitive epilepsies-A cross-sectional study. *Seizure*. 2018; 58: 62–71. doi: 10.1016/j.seizure.2018.03.027
19. Panayiotopoulos C. P. Jeavons syndrome. Eyelid myoclonia with absences. Panayiotopoulos C. P. (Ed.), *The epilepsies: Seizures, Syndromes and Management*. Bladon Medical Publishing, Oxfordshire. 2005; 475–480. PMID: 20821848
20. Шнайдер Н. А. Видеомониторинг электроэнцефалографии при эпилепсии. Сибирское медицинское обозрение. 2016; 2: 93–105. [Shnyder N. A. Video monitoring of electroencephalography at epilepsy. *Siberian medical review*. 2016; 2: 93–105. (In Russ.)]
21. Storm van Leeuwen W., Kemp A., Kniper J. Concerning the 'squeak' phenomenon of the alpha rhythm. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol*. 1960; 12: 244
22. Sevgi E. B., Saygi S., Ciger A. Eye closure sensitivity and epileptic syndromes: A retrospective study of 26 adult cases. *Seizure*. 2007; 16(1): 17–21. doi: 10.1016/j.seizure.2006.09.004
23. Yang Z.-X., Cai X., Liu X.-Y., Chin J. Q. Relationship among eye condition sensitivities, photosensitivity and epileptic syndromes. *Med J (Engl)*. 2008; 121(17): 1633–1637. PMID: 19024089
24. Berger H. Über das Elektroencephalogramm des Menschen. *Arch Psychiatr Nervenkr*. 1929; 87: 527
25. Plant G. T. Anatomy and physiology of the eyelids. Duncan J. S., Panayiotopoulos C. P. *Eyelid Myoclonia with Absences*. John Libbey & Company, London. 1996; 1–11
26. Guarana M. S., Filho G. M., Lin K., Guilhoto L. M., Caboclo L. O., Yacubian E. M. Prognosis of juvenile myoclonic epilepsy is related to endophenotypes. *Seizure*. 2011; 20: 42–48. doi: 10.1016/j.seizure.2010.10.004
27. Beniczky S., Guarana M. S., Conradsen I., Singh M. B., Rutar V., Lorber B., Braga P., Fressola A. B., Inoue Y., Yacubian E. M., Wolf P. Modulation of epileptiform EEG discharges in juvenile myoclonic epilepsy: an investigation of reflex epileptic traits. *Epilepsia*. 2012; 53(5): 832–839. doi: 10.1111/j.1528-1167.2012.03454.x
28. Naquet R. Photic epilepsy problems raised in man and animals. *Ital J Neurol Sci*. 1987; 8: 437–447. doi: 10.1007/BF02334600
29. Harding G. F. A., Fylan F. Two visual mechanisms of photosensitivity. *Epilepsia*. 1999; 40: 1446–1451. doi: 10.1111/j.1528-1157.1999.tb02018.x
30. Waltz S., Christen H. J., Doose H. The different patterns of the photoparoxysmal response: a genetic study. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol*. 1992; 83: 138–145. doi: 10.1016/0013-4694(92)90027-f
31. Takahashi Y., Fujiwara T., Yagi K. Photosensitive epilepsies and pathophysiological mechanisms of photoparoxysmal response. *Neurology*. 1999; 53: 926–932. doi: 10.1212/wnl.53.5.926
32. Wilkins A. J. Towards an understanding of reflex epilepsy and the absence. In: Duncan J. S., Panayiotopoulos C. P. *Typical absences and related epileptic syndromes*. London: Churchill. 1995; 196–205
33. Wilkins A. J., Bonanni P., Porciatti V. Physiology of human photosensitivity. *Epilepsia*. 2004; 45(1): 7–13. doi: 10.1111/j.0013-9580.2004.451009.x
34. Shibashaki H., Neshige R. Photic cortical reflex myoclonus. *Ann Neurol*. 1987; 22: 252–257. doi: 10.1002/ana.410220210
35. Kanoushi T., Yokota T., Kamata T. Central pathway of photic reflex myoclonus. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*. 1997; 62: 414–417. doi: 10.1136/jnnp.62.4.414
36. Covanis A. Photosensitivity in Idiopathic Generalized Epilepsies. *Epilepsia*. 2005; 46(9): 67–72. doi: 10.1111/j.1528-1167.2005.00315.x
37. Adrian E. D., Matthews B. H. The Berger rhythm: potential changes from the occipital lobes in man. *Brain*. 1934; 57(4): 355–385
38. Gibbs F. A., Gibbs E. L., Lennox W. G. Cerebral dysrhythmias of epilepsy: measures for their control. *Arch Neurol Psychiatr*. 1938; 39: 298–314
39. Grey W. W. *Epilepsy in: Hill D., Parr G. Electroencephalography — a Symposium on its Various Aspects*. MacDonald & Co. 1950
40. Da Silva A. M., Leal B. Photosensitivity and epilepsy: Current concepts and perspectives — A narrative review. *Seizure*. 2017; 50: 209–218. doi: 10.1016/j.seizure.2017.04.001
41. Bickford R. G., Sem-Jacobsen C. W., White P. T., Daly D. Some observations on the mechanism of photic and photometrazol activation. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol*. 1952; 4: 275–282. doi: 10.1016/0013-4694(52)90052-7
42. Reilly E. L., Peters J. F. Relationship of some varieties of electroencephalographic photosensitivity to clinical convulsive disorders. *Neurology*. 1973; 23: 1050–1057. doi: 10.1212/wnl.23.10.1050
43. Panayiotopoulos C. P., Jeavons P. M., Harding G. F. Relation of occipital spikes evoked by intermittent photic stimulation to visual evoked responses in photosensitive epilepsy. *Nature*. 1970; 228: 566–567. doi: 10.1038/228566a0
44. Wolf P., Goosses R. Relation of photosensitivity to epileptic syndromes. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*. 1986; 49: 1386–1391. doi: 10.1136/jnnp.49.12.1386
45. Appleton R., Beirne M., Acomb B. Photosensitivity in juvenile myoclonic epilepsy. *Seizure*. 2000; 9: 108–111. doi: 10.1053/seiz.1999.0376
46. Duncan J. S., Panayiotopoulos C. P. The differentiation of 'eye closure' from 'eyes-closed'. Duncan J. S., Panayiotopoulos C. P. *Eyelid Myoclonia with Absences*. John Libbey & Company, London. 1996; 77–87
47. Panayiotopoulos C. P. A study of photosensitive epilepsy with particular reference to occipital spikes induced by intermittent photic stimulation. PhD Thesis. University of Aston in Birmingham. 1972
48. Jeavons P. M., Harding G. F. A. Photosensitive epilepsy. *Clinics in developmental medicine*. Heinemann, London. 1975; 56
49. Kohno C., Terasaki M., Matsuda M. Epilepsies with seizure discharges induced by eye closure. *Advances in Epileptology*. vol. 16. Raven Press, New York. 1987; 251–253
50. Gobbi G., Bruno L., Mainetti A. Eye closure seizures. Beaumanoir A., Gastaut H., Naquet R. *Reflex Seizure and Reflex Epilepsies*. Medicine Hygiene, Geneva. 1989; 181–191
51. Fabian A., Wolf P. Epileptic discharge after the eye closure: relation to photosensitivity. *Advances in epileptology*. vol. 16. Raven Press, New York. 1987; 259–264
52. Taylor I., Marini C., Johnson M. R., Turner S., Berkovic S. F., Scheffer I. E. Juvenile myoclonic epilepsy and idiopathic photosensitive occipital lobe epilepsy: is there overlap? *Brain*. 2004; 127: 1878–1886. doi: 10.1093/brain/awh211
53. Covanis A., Gupta A. K., Jeavons P. M. Sodium valproate: monotherapy and polytherapy. *Epilepsia*. 1982; 23(6): 693–720. doi: 10.1111/j.1528-1157.1982.tb05085.x
54. Panayiotopoulos C. P., Obeid T., Tahan A. R. Juvenile myoclonic epilepsy: a 5 year prospective study. *Epilepsia*. 1994; 35: 285–296. doi: 10.1111/j.1528-1157.1994.tb02432.x
55. Шилкина О. С., Шнайдер Н. А., Дмитренко Д. В., Ким К. Т. Нейрофизиологические аспекты юношеской миоклонической эпилепсии. *Неврология, нейропсихиатрия, психосоматика*. 2018; 10(1S): 31–37. [Shilkina O. S., Shneider N. A., Dmitrenko D. V., Kim K. T. Juvenile myoclonic epilepsy: neurophysiological aspects. *Neurology, Neuropsychiatry, Psychosomatics*. 2018; 10(Special Issue 1): 31–37. (In Russ.)] doi: 10.14412/2074-2711-2018-1S-31-37
56. Harding G. F. A., Jeavons P. M. *Photosensitive epilepsy*. New ed. London: Mac Keith Press. 1994
57. Шнайдер Н. А., Шилкина О. С., Дмитренко Д. В. Новый взгляд на особенности электроэнцефалографической картины юношеской миоклонической эпилепсии. *Медицинский алфавит*. 2018; 23(2): 6–12. [Shneider N. A., Shilkina O. S., Dmitrenko D. V. New view on electroencephalographic pattern features of juvenile myoclonic epilepsy. *Medical alphabet*. 2018; 23(2): 6–12. (In Russ.)]
58. Genton P., Lavernhe G., Guerrini R. Epilepsie photogénique et phénomènes moteurs latéralisés: une observation EEG. *Epilepsies*. 1995; 7: 431–435
59. Jeavons P. M., Bishop A., Harding G. F. The prognosis of photosensitivity. *Epilepsia*. 1986; 27: 569–575. doi: 10.1111/j.1528-1157.1986.tb03586.x
60. Striano S., Striano P., Nocerino C., Boccella P., Bilo L., Meo R., Ruosi P. Eyelid myoclonia with absences: an overlooked epileptic syndrome? *Neurophysiologie Clinique/Clinical Neurophysiology*. 2002; 32: 287–296. doi: 10.1016/S0987-7053(02)00343-X
61. Striano S., Capovilla G., Sofia V., Romeo A., Rubboli G., Striano P., Trenite D. K. N. Eyelid myoclonia with absences (Jeavons syndrome): a well-defined idiopathic generalized epilepsy syndrome or a spectrum of photosensitive conditions? *Epilepsia*. 2009; 50: 15–19. doi: 10.1111/j.1528-1167.2009.02114.x

Для цитирования: Петров К. В., Шнайдер Н. А., Дмитренко Д. В., Народова Е. А., Насырова Р. Ф. Нейрофизиологические методы идентификации светочувствительности при юношеской миоклонической эпилепсии (обзор). *Медицинский алфавит*. 2020; (32):45–52. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2020-32-45-52>

For citation: Petrov K. V., Shnyder N. A., Dmitrenko D. V., Narodova E. A., Nasyrova R. F. Neurophysiological methods of photosensitivity identification in juvenile myoclonic epilepsy (review) *Medical alphabet*. 2020; (32):45–52. doi.org/10.33667/2078-5631-2020-32-45-52



Образные сравнения и эпонимы в функциональной диагностике. Часть 3. Ультразвуковое исследование сосудов и периферических нервных стволов

Н. В. Заикина, к.м.н., зав. отделением функциональной диагностики¹

Л. В. Агафонова, к.м.н., главный врач, врач-кардиолог¹

М. П. Заикина, студентка международной школы «Медицина будущего»²

¹Государственное учреждение здравоохранения «Липецкая областная клиническая больница», г. Липецк

²Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования Первый Московский государственный медицинский университет имени И. М. Сеченова Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский университет), г. Москва

Figurative comparisons and eponyms in functional diagnostics. Part 3. Ultrasound examination of blood vessels and peripheral nerves

N.V. Zaikina¹, L.V. Agafonova¹, M.P. Zaikina²

¹Lipetsk Regional Clinical Hospital, Lipetsk

²Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education I.M. Sechenov First Moscow State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation (Sechenov University), Moscow

Резюме

Данная статья является третьей частью из серии материалов, рассказывающих об образных сравнениях и эпонимах, которые стали неотъемлемой частью современной функциональной и ультразвуковой диагностики. Без ультразвукового исследования сосудов невозможно представить современную ангиологию. Исследования периферических нервных стволов в настоящее время получают все большее распространение в практическом здравоохранении. Приведены имена великих ученых, оставивших свои имена в названиях впервые описанных ими болезней и анатомических терминов: Вальсальва, Леонардо да Винчи, Джакомини, Педжет, Шрёттер, Такаясу, Бюргер, Рейно, Менкеберг, Уиллис, Скарпа, Хантер и др. Описаны такие образные сравнения, как «признак Микки Мауса», «одноухий Микки Маус», «египетский глаз» («глаз фараона»), «царская вена», «спектр кролика», «медовые соты», «соль-перец», «электрический кабель» и др. Термины, о которых пойдет речь в статье, имеют не только научное, но и прикладное значение, будут полезны и интересны студентам медицинских ВУЗов, ординаторам, аспирантам и практическим врачам, которым они помогут проверить и, возможно, обновить свои знания.

Ключевые слова: функциональная диагностика, дуплексное сканирование сосудов, ультразвуковое исследование периферических нервных стволов, образное сравнение, эпоним.

Summary

This article is the third part from set of materials telling about figurative comparisons and eponyms, which have become an integral part of modern functional and ultrasound diagnostics. It is impossible to imagine modern angiology without ultrasound. Examination of peripheral nerve is currently becoming more widespread in practical health care. In this article you can find the diseases and anatomical terms which was named after the great scientists who first described them: Valsalva, Leonardo da Vinci, Giacomini, Paget, Schroetter, Takayasu, Burger, Reynaud, Menkeberg, Willis, Scarpa, Hunter, etc. Such figurative comparisons are described as 'Mickey Mouse sign', 'one-eared Mickey Mouse', 'Egyptian eye' ('Pharaoh's eye'), 'royal vein', 'bunny spectrum', 'honeycombs', 'salt-pepper', 'electric cable' etc. The terms that will be discussed in the article have not only scientific, but also applied meaning. The article will be useful and interesting to students of medical universities, residents and doctors, whom it will help to check and possibly, update their knowledge.

Key words: functional diagnostics, duplex scanning of blood vessels, ultrasound examination of peripheral nerves, figurative comparison, eponym.

Введение

Сравнение или метафора часто используется в художественной литературе и повседневной жизни. Мы так привыкли к использованию метафор, что этого не замечаем. Это не вызывает недоумения, но нужна ли метафора в медицине? Использование метафоры позволяет врачу не только получить необходимые знания, но и лучше их сохранить в памяти для будущей практики. При этом врач развивается разносторонне — при её восприятии бывают задействованы как интеллект, так и эмоции. Метафора позволяет посмотреть на предмет изучения по-другому, при этом он лучше воспринимается и запоминается.

Образное сравнение — это фигура речи, которая интересным образом сравнивает две разные вещи. Цель сравнения — вызвать связь в уме читателя или слушателя.

Понятие «эпоним» произошло от греческого 'epinymos', что значит «дающий чему-либо или заимствующий от чего-либо свое имя». Это понятие, образованное по какому-либо имени

собственному. Это название болезни или симптома по имени автора, впервые обнаружившего или описавшего его.

Мы постарались собрать все известные нам часто используемые образные сравнения и эпонимы, систематизировать их по методам исследования и областям знаний, в которых они нашли применение.

Цель исследования: напомнить читателю давно известное и хорошо забытое старое, провести экскурс в историю медицины, вызвать интерес к изучению образных сравнений и эпонимов, используемых при ультразвуковом исследовании сосудов различных локализаций и периферических нервных стволов.

Основная часть

Дуплексное сканирование (duplex) было разработано в 70-е годы XX века (Barber F. E., Baker D. W., Nation A. W. C. et al., 1974). Объединяет возможности двухмерного изображения и ультразвуковой доплерографии [1, 2].

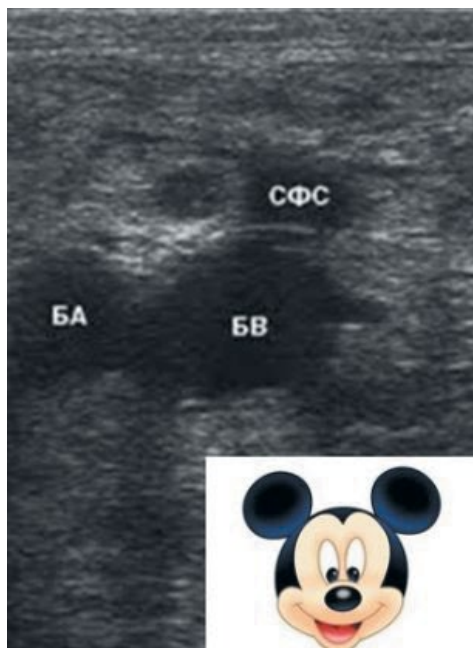


Рисунок 1. «Симптом Микки Мауса». Поперечное сканирование. Нормальная ультразвуковая картина сафенофеморального соустья: БА — общая бедренная артерия («латеральное ухо Микки»), БВ — общая бедренная вена («голова»), СФС — сафенофеморальное соустье («медиальное ухо Микки»).

Дуплексное сканирование венозной системы

Исследование бедренного сегмента начинают из области медиального угла паховой связки [1].

«Симптом (признак) Микки Мауса». В паховой области в поперечном сечении на уровне сафено-феморального соустья (СФС) в норме лоцируется типичная ультразвуковая картина, похожая на голову Микки Мауса (рис. 1): латеральное ухо Микки — общая бедренная артерия, голова Микки — общая бедренная вена, медиальное ухо Микки — СФС или большая подкожная вена (БПВ) [1, 3].

«Одноухий Микки Маус». После удаления БПВ нарушается целостность СФС — на изображении отсутствует «медиальное ухо Микки» (БПВ) [1].

Приустьевой отдел БПВ при продольном ультразвуковом сканировании имеет вид «воронки», широкая часть которой непосредственно впадает в общую бедренную вену. Узкая часть «воронки» представляет собой собственно ствол БПВ [4].

«Египетский глаз» («Egyptian eye»), «симптом глаза», «признак глаза», «глаз фараона», «глаз сафены», «глаз», «подкожный глаз». Этот ультразвуковой признак был впервые описан Bailly M. как «признак глаза» в 1993 году для идентификации БПВ на бедре и обусловлен тем, что подкожная фасция имеет высокую эхогенность и легко визуализируется с помощью ультразвука.

БПВ лоцируют в поперечном сечении на всем протяжении в собственном фасциальном футляре (между листками фасции, в расщеплении поверхностной фасции бедра и голени) в В-режиме (рис. 2). «Признак глаза» наблюдается всегда и позволяет отличить БПВ от параллельных подкожных притоков. По этому признаку (залегание между листками фасции) идентифицируют и малую подкожную вену (МПВ) [1, 3, 5].

БПВ и передняя добавочная подкожная вена при поперечном сканировании в верхней трети бедра формируют два

«подкожных глаза» либо расположены в пределах одного фасциального ложа. Эти две вены легко дифференцируются друг от друга, так как передняя добавочная подкожная вена расположена кпереди и латеральнее [1].

Для выявления венозных рефлюксов используют пробу с натуживанием — пробу Вальсальвы, которая носит имя болонского профессора анатомии Антонио Мария Вальсальва (итал. Antonio Maria Valsalva, 1666–1723 гг.), известного своими исследованиями по физиологии и патологической анатомии слухового органа, изложенными в знаменитом сочинении «Трактат об ухе человека» (1705 год). Он описал маневр, позволяющий протестировать проходимость Евстахиевой трубы, который заключается в натуживании — попытке форсированно выдохнуть при закрытом носе и рте.

В настоящее время проба Вальсальвы — диагностическая методика, используемая врачами различных специальностей для обнаружения заболеваний сердечно-сосудистой системы, ЛОР — органов и при других болезнях. В ангиологии проба Вальсальвы широко применяется для выявления венозных рефлюксов на бедре. Основным критерий несостоятельности клапанов вен — регистрация ретроградного кровотока (рефлюкса) через клапан [1, 3, 5].

В названиях вен встречается много эпонимичных наименований. Наиболее постоянными и клинически значимыми из притоков подкожных магистралей, строение которых отличается большим разнообразием, служат вена Леонардо и вена Джакомины [5].

Вена Джакомины — верхний приток (скорее — переток) МПВ, соединяющий ее ствол со стволом БПВ на бедре, по существу представляет собой анастомоз с БПВ и часто при клапанной несостоятельности БПВ способствует распространению рефлюкса крови на ствол МПВ и ее расширению при состоятельном остиальном клапане сафено-поплитеального соустья [1, 4, 5, 6]. Ее описал в 1873 году итальянский анатом, профессор Туринского университета Джакомины Карло (итал. Giacomini Carlo, 1840–1898 гг.).

Задний приток БПВ (задняя добавочная подкожная вена, задняя арочная вена) начинается позади медиальной лодыжки, на голени расположена на 2–3 см медиальнее и кзади по отношению к основному стволу БПВ, идет параллельно Ахиллову сухожилию, часто эту часть заднего притока БПВ называют веной Леонардо [1]. Носит имя величайшего художника и ана-



Рисунок 2. «Египетский глаз». Поперечное сканирование. Большая подкожная вена (БПВ) лежит в фасциальном футляре, который легко визуализируется в В-режиме: верхнее веко — поверхностный листок фасциального футляра, БПВ — «глаз», нижнее веко — листок глубокой (мышечной) фасции.

тома эпохи Возрождения Леонардо да Винчи (итал. Leonardo di ser Piero da Vinci, 1452–1519 гг.). Это наиболее постоянный и клинически значимый приток БПВ на голени, примечателен тем, что именно в него, а не в ствол БПВ, впадают большинство перфорантных вен медиальной поверхности голени [5, 6].

При варикозной болезни в пораженной нижней конечности всегда имеется порочный круг (а зачастую — круги) обращения балластной крови. Кровь по варикозно расширенным венам течет книзу — согласно закону о неразрывности струи — на всем протяжении от остиального клапана до дренирующего перфоранта, создавая поверхностную дугу рефлюкса. Замывается эта дуга, образуя круг, как правило, в глубоких венах. На рис. 3, 4 изображена схема круговорота патологического объема крови при варикозном расширении вен и *Уроборос* (змея, кусающий свой хвост) — поистине, лучшая иллюстрация венозного рефлюкса! [7]. Уроборос — один из древнейших символов, известных человечеству (одна из трактовок символа — бесконечность).

При ультразвуковом обследовании пациента с варикозной болезнью всегда выделяют три звена патологического кровотока в поверхностной венозной сети: источник (источники) рефлюкса, пути распространения рефлюкса и каналы возврата рефлюкса в глубокую венозную систему. В случае, когда источником рефлюкса является остиальный клапан БПВ, избыточный объем крови распространяется вниз вначале по БПВ, достигает в ней первого состоятельного клапана и затем устремляется в варикозно расширенный приток (или притоки). Каждый из таких притоков дренируется в глубокую венозную систему через свою перфорантную вену [7].

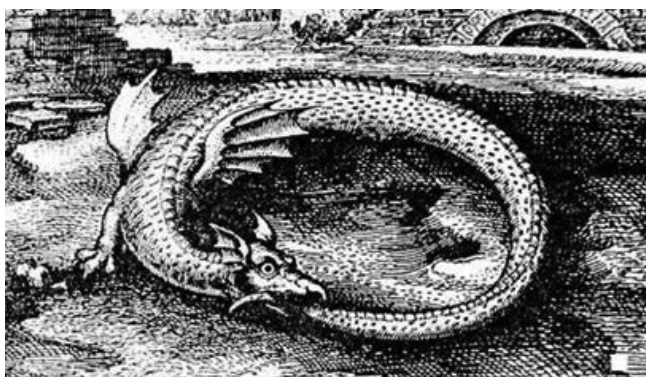


Рисунок 4. Уроборос — свернувшийся в кольцо змей, кусающий себя за хвост [7].

Продолжая говорить о перфорантных венах, обязательно хочется вспомнить о британском хирурге, военном враче, который внес огромный вклад в развитие сосудистой хирургии. Фрэнк Бернард Коккет (Frank Cocket, 1916–2014 гг.) ушел из жизни в 2014 году, прожив 97 лет. Стал известен благодаря своим работам по лечению трофических язв и компрессии левой общей подвздошной вены, хирургии аорты [8].

В 1949 году Фрэнк Коккет был назначен главой клиники трофических язв, которую «господа хирурги считали неинтересной клиникой, занимающейся лечением неинтересного состояния, причину которого мало кто понимал» (из автобиографии). В ходе многочисленных кропотливых исследований на трупах он обратил внимание на чрезвычайно расширенные перфорантные вены, которые и были причиной трофических

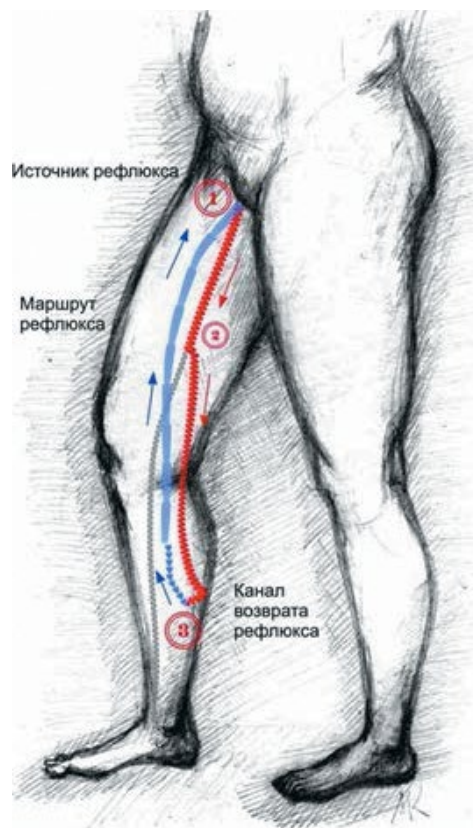


Рисунок 3. Схема патологического «круговорота» крови при варикозной болезни. Три звена патологического рефлюкса в бассейне БПВ: 1 — источник рефлюкса — остиальный клапан БПВ; 2 — маршрут распространения рефлюкса — БПВ; 3 — канал возврата крови в глубокие вены — перфорантная вена [7].

язв [8]. В 1951 году он прооперировал свой первый случай, с большими опасениями, что рана не заживет. К 1953 году у него была уже серия оперированных пациентов и публикация в журнале *Lancet* [9]. Его опыт в мире флебологии обобщен в совместной с Доддом монографии [10]. Он был первым, кто описал перфорантные вены в нижней трети голени, которых обычно три: верхняя, средняя и нижняя. Они были названы его именем — *перфорантные вены Коккета*. К тому же он описал свою собственную методику хирургической операции на этих венах [8]. Кроме того, он был очень разносторонним человеком, увлекался парусным спортом, даже в 80 лет! Достаточно сказать, что его парусник для одиночного плавания назывался 'Varix', а для плавания с друзьями он предпочитал отделанную сталью океанскую яхту под названием 'Saphena'! (рис. 5) [8].

В клинической практике часто используют обозначения перфорантных вен по имени авторов, описавших эти вены. Однако, согласно рекомендациям Консенсуса Международного совета по флебологии (Cavezzi A., Labropoulos N., Partsch H., 2006), предпочтительнее использовать термины, описывающие локализацию вен, так как использование имен авторов не всегда корректно с исторической точки зрения и может приводить к путанице [1, 6, 11]. Вены получили название по месту своей анатомической локализации.

Тем не менее, приведем названия наиболее постоянных перфорантов. Их локализация не имеет четкой анатомической ориентации, поэтому обычно выделяют зоны, где эти соустья располагаются чаще всего [5].

Наиболее часто встречающиеся перфорантные вены на бедре [4, 5, 6]:

- средняя треть, медиальная поверхность — перфорант Додда (H. Dodd);
- нижняя треть, медиальная поверхность — перфорант Гюнтера (Хантера).

Наиболее часто встречающиеся перфорантные вены на голени [4, 5, 6]:

- верхняя треть, медиальная и переднемедиальная поверхность — перфорант Бойда;
- средняя треть, медиальная и переднемедиальная поверхность — перфорант Шермана;
- нижняя треть, медиальная и переднемедиальная поверхность — перфоранты Коккета;
- средняя треть, задне-латеральная поверхность — перфорант Мэя;
- нижняя треть, задне-латеральная поверхность — перфорант Басси.



Рисунок 5. Яхта Saphena Фрэнка Коккета во время регаты Cowes-Dinard and Cherbourg [8].

Ствол МПВ исследуется на всем протяжении, он расположен по задней поверхности голени, как «шов на колготках» (посередине задней поверхности голени).

Притоки МПВ менее вариабельны, чем притоки БПВ. Достаточно часто встречается поверхностная добавочная вена, ранее называемая *венной Тьеры* [7] (латеральный перфорант подколенной области, впервые описан профессором L. Thierry в 1983 году). Как правило, она впадает в подколенную вену отдельным соустьем (перфорантом) в области подколенной ямки. Вена Тьеры — относительно редкий источник рефлюкса при варикозной болезни.

От подколенной ямки до границы нижней и средней трети голени МПВ заключена в фасциальный футляр, по плотности сравнимый с апоневрозом. От наружной лодыжки до входа в этот футляр МПВ лежит непосредственно под кожей, где ее можно пропальпировать. В месте входа МПВ в фасциальный футляр в нее впадает межсфенная вена, которая перекидывается через ахиллово сухожилие, соединяет ствол МПВ со стволом БПВ (ранее она носила название «вена Ахиллеса») [7].

Венозное русло верхних конечностей состоит из подкожной и глубокой венозных систем.

V. basilica (медиальная подкожная вена) начинается выше дистального конца локтевой кости. Прободает фасцию плеча в середине медиальной межбугорковой борозды плечевой кости и впадает в плечевую вену [12]. Другое название — *царская вена*, так как ее вскрывали при болезнях печени, которую считали царицей тела.

V. cephalica (латеральная подкожная вена) начинается от тыльной венозной сети кисти у основания большого пальца, на плече проходит в латеральной межбугорковой борозде плечевой кости, далее продолжается между дельтовидной и большой грудной мышцами (в ямке Моренгейма) и впадает в подмышечную вену [12]. Другое название — *головная вена*, так как полагали, что при ее вскрытии кровь отвлекается от головы.

Первичный тромбоз глубоких вен верхних конечностей (тромбоз усилия) возникает в результате экстравазальной компрессии (окклюзии или стеноза) подключичной вены между ключицей и добавочным I ребром [3]. Это заболевание, возникающая однажды, может часто рецидивировать, требуя постоянного контроля за проходимость вен верхних конечностей, а при необходимости — и профилактического приема антикоагулянтов. Необходимо определить локализацию, протяженность тромбоза (или посттромботического поражения) и визуализировать венозные коллатерали [1, 3]. Британский хирург и патологоанатом Джеймс Педжет (James Paget, 1814–1899 гг.) в 1875 году и венский врач Леопольд фон Шрёттер (von Schroetter) в 1884 году независимо друг от друга описали синдром, развивающийся на фоне полного здоровья у молодых людей и проявляющийся в виде тотального отека и синюшности верхней конечности. В 1947 году Hughes впервые предложил использовать термин «*синдром Педжета — Шрёттера*» для определения спонтанных венозных тромбозов верхних конечностей [13, 14].

Дуплексное сканирование — метод выбора для диагностики сдавливания левой почечной вены в аорто-мезентериальном «пинцете» (*синдром аорто-мезентериального «пинцета»*). В качестве критериев значимого затруднения оттока используют соотношения диаметров и максимальной скорости в суженном и расширенном участках левой почечной вены. В среднем, при наличии клинически значимого синдрома, скорость кровотока в суженном участке левой почечной вены может достигать 100 см/с [1].

Дуплексное сканирование артериальной системы

Синдром позвоночно-подключичного обкрадывания (СППО), синдром обкрадывания, стил-синдром, steal-синдром, vertebral subclavian steal syndrome (VSSS) ('steal' в переводе с английского — воровать, красть, похищать, грабить, делать что-то

тайком). Синдром подключичного обкрадывания впервые описан Contorni в 1960 году [15]. В дальнейшем он был тщательно исследован Reivich et al. в 1961 году [16]. Данное название было закреплено за синдромом редакторами Медицинского журнала Новой Англии в 1961 году [17].

Развивается в случае окклюзии или выраженного стеноза в I сегменте подключичной артерии (ПКА), до отхождения от неё позвоночной артерии (ПА), либо в случае окклюзии или выраженного стеноза брахиоцефального ствола. Из-за градиента давления кровь по ипсилатеральной ПА устремляется в руку, обкрадывая вертебро-базиллярную систему (рис. 6) [18]. Нарушение кровотока в ПА при этом будет характеризоваться зависимым от степени стеноза формированием стил-синдрома — от углубления инцизуры на доплеровской кривой до ретроградного кровотока по ПА. Выделяют латентный (стеноз до 60%), переходный (стеноз 60–80%) и полный (стеноз более 80%) стил-синдром [1, 3].

При стенозе ПКА 50–60% скорость кровотока в нижней части инцизуры соответствует конечной диастолической скорости. Такой кровоток обозначается как *bunny-спектр* (Tahmasebpour H. R. et al., 2005) или «спектр кролика» (рис. 7) из-за внешней схожести контура спектра с профилем тела кролика, прижавшегося к земле [1, 3, 19].

Деформация ВСА обычно обозначается как *извитость* (*tortuosity* — S-, C- или волнообразной формы), *перегиб* (*kinking*), *петлистость* (*coiling*) и *удлинение* (*elongation*) [1].

Болезнь (синдром) Такаясу (неспецифический аортоартериит) — воспалительное заболевание, поражающее аорту и её ветви. Системный васкулит, характеризуется развитием в стенке крупных артерий продуктивного воспаления, ведущего к их облитерации. Свое эпонимическое название болезнь получила в 1952 году, когда Saccamise и Whitman предложили называть данную нозологическую форму в честь японского офтальмолога Mikito Takayasu, описавшего в 1905 году молодую женщину с отсутствием пульса и со специфическим анастомозом вокруг сосочка зрительного нерва. При дуплексном сканировании (рис. 8) выявляется равномерное концентрическое сужение сосуда без признаков кальцификации, обычно поражаются общая и наружная сонные артерии, тогда как поражение внутренней сонной артерии встречается реже.

При значительной выраженности процесса, а также при развитии фиброзно-склеротических изменений в артериальной стенке в обструктивной стадии заболевания формируются пролонгированные стенозы, получившие название «макаронных знаков» (Maeda H. et al., 1991). Окклюзии ОСА при болезни Такаясу имеют типичные проявления и встречаются сравнительно редко [1, 3].

Кальцифицирующий склероз Менкеберга описал Йоганн Георг Менкеберг (Monckeberg J. G.) в 1903 году. Характерен для сахарного диабета. Происходит обызвествление средней оболочки артерий (рис. 9), сопровождающееся выраженным снижением эластичности артериальной стенки. При исследовании магистральных артерий в В-режиме, чаще в артериях голени, отмечается увеличение толщины стенки артерии с наличием эхосигналов высокой интенсивности и акустической тени, перекрывающей подлежащие ткани [1].

Болезнь Бюргера, так же как и сахарный диабет, характеризуется преимущественным поражением дистальных артерий

нижних конечностей [3]. Впервые заболевание описал в 1879 году Феликс фон Винивартер, затем в 1911 году Лео Бюргер, который после проведения гистологического исследования сосудов отметил поражение всех слоев артериальной стенки, а не только внутреннего, как считал Винивартер, и поэтому назвал заболевание облитерирующим тромбангиитом.

Наиболее специфичным проявлением болезни Бюргера при ультразвуковом исследовании является *веретенообразный*

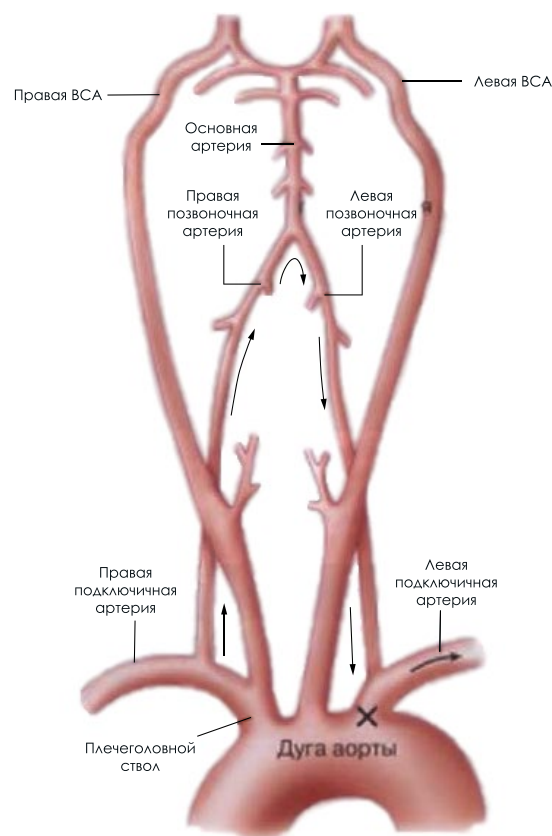


Рисунок 6. Стил-синдром. Показано стрелками направление кровотока при развитии левостороннего позвоночно-подключичного обкрадывания. X указывает на локализацию обструкции подключичной артерии. ВСА — внутренняя сонная артерия [18].

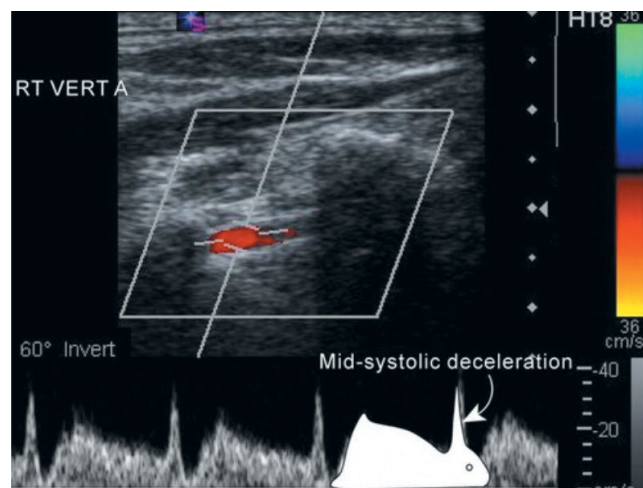


Рисунок 7. «Спектр кролика» (bunny-спектр). Стеноз I сегмента подключичной артерии с латентным стил-синдромом. Кровоток в позвоночной артерии на стороне поражения антеградный, резкое снижение скорости кровотока в середине систолы — среднесистолическая «выемка» [19].

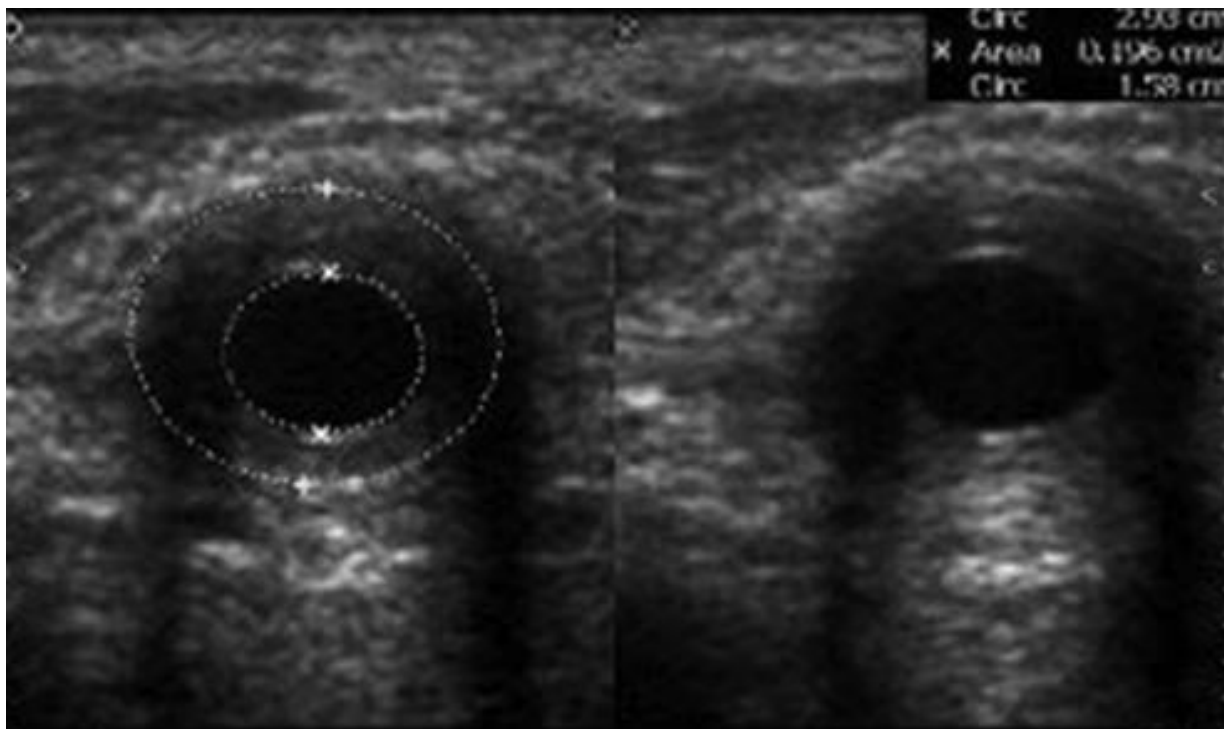


Рисунок 8. Болезнь Такаясу. Ультразвуковые признаки: диффузное неравномерное гипозоногенное утолщение стенки, относительно равномерно (циркулярно) суживающее ее просвет.

кровоток, регистрируемый в режиме цветового доплеровского картирования на фоне неравномерного утолщения стенки артерий. В доплеровском режиме регистрируется двухфазная кривая со снижением пиковой скорости кровотока и участками стенозирующего кровотока [3].

Феномен Рейно — особая форма ангиодистонии, характеризующаяся приступообразной локальной ишемией кистей (обычно пальцев), иногда стоп, приводящей в ряде случаев к ишемическим некрозам, образованию трофических язв, гангрене. Спазмы артерий пальцев рук часто вызывают переохлаждение, курение, нервно-эмоциональные реакции. Если приступы локальной ишемии не связаны с каким-либо определенным заболеванием, эта клиническая форма называется *болезнью Рейно*. *Синдром Рейно* является лишь одним из проявлений некоторых заболеваний (коллагенозы, атеросклероз и др.). Болезнь и синдром Рейно — клинический диагноз. Эта патология не имеет общепринятых патогномоничных ультразвуковых признаков, однако выделяют ультразвуковые критерии болезни (синдрома) Рейно: неравномерное утолщение комплекса «интима-медиа», повышение эхогенности стенок, тромбоз мелких артерий, снижение относительно нормы пиковой систолической скорости кровотока, отсутствие «ранней диастолы» на доплеровском спектре кровотока, полученном из дистальных отделов магистральных артерий. Холодовая проба вызывает выраженное снижение линейной скорости кровотока в артериях, которая не восстанавливается на протяжении 10 минут после прекращения холодового воздействия [1, 3]. Впервые болезнь описана в 1862 году французским врачом Морисом Рейно (фр. A. G. Maurice Raynaud, 1834–1881 гг.).

Индекс резистентности, *индекс Пурсело* (англ. Pourcelot Resistive Index, RI) — отношение разности пиковой систо-

лической и конечной диастолической скоростей к пиковой систолической скорости. Он получил широкое распространение, позволяет судить о сосудистом сопротивлении в артериях конечностей. Несмотря на критику, большинство специалистов согласны с тем, что индекс отражает состояние сосудистого сопротивления в исследуемой артерии [1, 3]. В 1972 году индекс предложил Пурсело (Leandre Pourcelot, род. в 1940 г.), французский врач и инженер.

Пульсаторный индекс, индекс пульсативности, *индекс Гослина* (*Гослинга*) (англ. Gosling's pulsatility index, PI) — рассчитывается как отношение разности пиковой систолической и отрицательной ранней диастолической скорости к средней скорости. Название индекса связано с тем, что он показывает

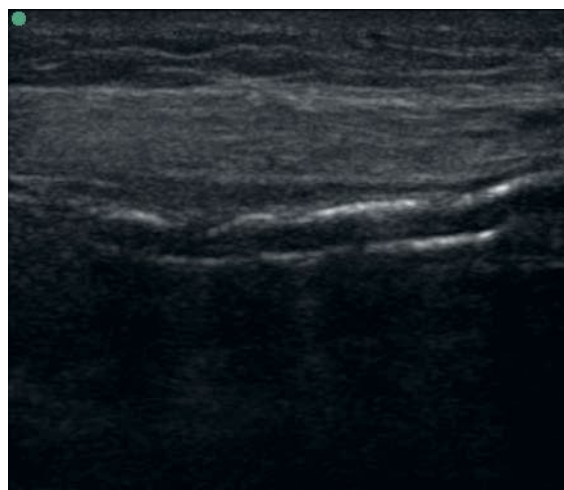


Рисунок 9. Склероз Менкеберга. Вместо холестерина в сосудистой стенке накапливаются соли кальция.

максимальный разброс скоростей в сосуде в течение сердечного цикла, то есть одной пульсации. Получил широкое распространение при анализе трехфазных доплерограмм, полученных из артерий конечностей [1, 3]. Был впервые описан Gosling с соавторами в 1976 году.

Для ультразвукового исследования сосудов прикладное значение имеют некоторые анатомические образования.

Пупартова связка (паховая связка) (рис. 10). Это свободный край апоневроза наружной косой мышцы живота между передней верхней подвздошной остью и лобковым бугорком. Описал F. Poupart (1616–1708 гг.), французский анатом и хирург.

Под паховой связкой наружная подвздошная артерия (и одноименная вена) вступают в сосудистую лакуну и далее непосредственно продолжают в общую бедренную артерию (и одноименную вену) [5, 20]. Таким образом, Пупартова связка — условная граница, разделяющая эти сосуды.

Скарповский треугольник (бедренный треугольник). Треугольник Скарпы (Антонио Скарпа (итал. Antonio Scarpa, 1747–1832 гг., итальянский анатом и хирург) — ограничен с латеральной стороны портняжной мышцей, с медиальной — длинной приводящей мышцей; его вершина образована пересечением этих мышц, а основание — паховой связкой.

Бедренные артерия и медиальнее нее бедренная вена в верхней трети бедра располагаются в пределах бедренного треугольника [20]. Его высота 15–20 см.

Гунтеров канал (приводящий канал, бедренно-подколенный канал). Описал Джон Хантер (Гунтер) (1728–1793 гг.), шотландский анатом и хирург. Гунтеров канал образован широкой медиальной мышцей бедра, большой приводящей мышцей и межмышечной сухожильной пластинкой. В этом канале бедренные сосуды (поверхностные бедренные артерия и вена) с передней поверхности бедра (на границе средней и нижней трети бедра) проходят через сухожильный промежуток большой приводящей мышцы на заднюю поверхность бедра в подколенную ямку [5, 20]. Длина канала 5–6 см.

Поверхностные бедренные артерия и вена хорошо прослеживаются до их входа в Гунтеров канал [1].

Подколенная вена лоцируется в подколенной ямке над одноименной артерией [1]. Для того, чтобы легко запомнилось взаимное расположение сосудисто-нервного пучка в направлении сзади наперед в подколенной ямке, достаточно вспомнить слово «*HeBA*»: n. tibialis, v. poplitea и a. poplitea (Нерв — Вена — Артерия).

Ямка Моренгейма (дельтовидно-грудной треугольник, подключичная ямка) — место, где v. cerhalica впадает в подмышечную вену [12]. Названа по имени описавшего ее австрийского хирурга Моренгейма (J. J. Morenheim), который впервые обратил на нее внимание в конце XVIII века. Это углубление расположено под ключицей на границе ее средней и наружной трети.

Транскраниальное дуплексное сканирование

Первое сообщение об этой новой диагностической методике в литературе сделали Schönning M. с соавторами в 1989 году [21], которые применили ее при обследовании детей и подростков в Штутгарте.

Методика включает в себя исследование вещества головного мозга в В-режиме и кровотока в крупных интракраниальных артериях, венах и синусах. Визуализация стенки интракраниальных сосудов в В-режиме принципиально невозможна из-за низкой (2–2,5 МГц) частоты сканирования, требуемой для преодоления препятствий в виде костей черепа. В связи с этим, вся качественная информация о состоянии просвета сосуда, сосудистой геометрии оценивается по характеру изменений цветовой картограммы потока крови в сосуде [22].

Виллизиев круг — артериальный круг головного мозга, расположенный в его основании и обеспечивающий компенсацию недостаточности кровоснабжения за счет перетока из других сосудистых бассейнов. Назван в честь английского врача Томаса Уиллиса (1621–1675 гг.), описавшего его в 1664 году. Кровообращение мозга осуществляется посредством двух бассейнов: передней (каротидной) и задней (вертебро-базиллярной) систем. В образовании типичного Виллизиева круга принимают

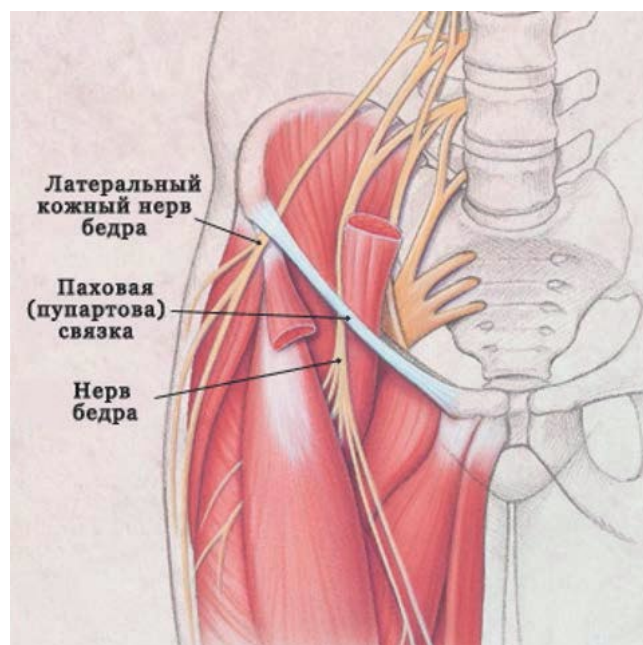


Рисунок 10. Пупартова связка — ориентир для осмотра сосудов паховой области и бедра.

участие (рис. 11): передние, средние мозговые артерии, передняя соединительная артерия, задние мозговые артерии, дистальный отдел основной артерии и задние соединительные артерии [1]. От него отходят артерии, кровоснабжающие головной мозг. Доступны осмотру передние, средние, задние мозговые артерии и основная артерия.

В норме составляющие Виллизиев круг сосуды образуют на основании мозга замкнутый круг, который наблюдается не более чем у 25–29 % пациентов, и, следовательно, практически 70 % случаев приходится на неклассические варианты строения (по Hoksbergen, 2000) [3].

Правая и левая передние спинномозговые артерии вместе с позвоночными артериями и проксимальным отделом основной артерии на вентральной поверхности продолговатого мозга образуют артериальный круг (в форме ромба), который получил название «бульбарное артериальное кольцо» (круг Захарченко) [1].

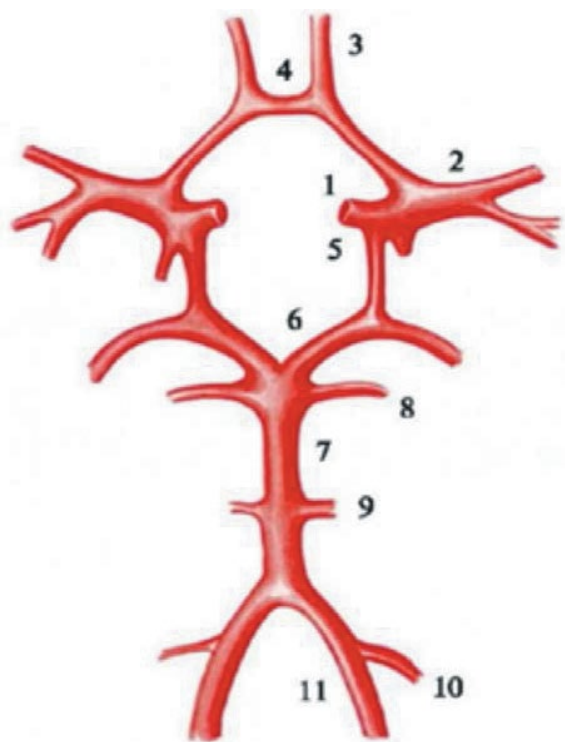


Рисунок 11. Сосуды основания мозга — Виллизиев круг. 1 — мозговая часть внутренней сонной артерии; 2 — средняя мозговая артерия; 3 — передняя мозговая артерия; 4 — передняя соединительная артерия; 5 — задняя соединительная артерия; 6 — задняя мозговая артерия; 7 — основная артерия; 8 — верхняя мозжечковая артерия; 9 — передняя нижняя мозжечковая артерия; 10 — задняя нижняя мозжечковая артерия; 11 — позвоночная артерия.

Индекс Линдегарда используется для диагностики церебрального ангиоспазма. Предложен К. F. Lindegaard для средней мозговой артерии в 1988 году. Предусматривает оценку соотношения пиковой систолической скорости кровотока в средней мозговой артерии к скорости кровотока в экстракраниальной части внутренней сонной артерии. Ангиоспазм приводит к увеличению скорости кровотока только в зоне спазмированного интракраниального сосуда. В норме индекс Линдегарда равен 1,3–2,1. При умеренном вазоспазме его значения варьировали от 3 до 6, при тяжелом были более 6. По всей видимости, значение индекса в диапазоне от 2 до 3 может рассматриваться как диагностически значимое у пациентов с функциональным вазоспазмом [1, 22].

Основная вена Розенталя — парная вена, венозный коллектор, является главным путем оттока крови от образований среднего мозга [1]. Располагается параллельно задней мозговой артерии. Анатомическим ориентиром при ее локализации являются ножки мозга (средний мозг) [22].

Вена Галена — короткий непарный сосуд, расположенный в области четверохолмия и боковой цистерны мозга [1]. Для получения изображения вены Галена и прямого синуса необходимо визуализировать таламусы и третий желудочек мозга. Эти венозные структуры располагаются кзади от анатомических ориентиров параллельно средней линии мозга [22].

При количественной оценке показателей венозного кровотока могут быть проанализированы: максимальная скорость кровотока, усредненная по времени максимальная и средняя скорости кровотока [22].

Ультразвуковое исследование периферической нервной системы

Ультразвуковая неврология — относительно новый раздел в современной сонографии. Этот метод стал применяться в диагностике заболеваний нервной системы с 90-х годов XX века. В процессе обследования специалист может оценить структуру нервного ствола и окружающих тканей на протяжении, провести динамические пробы, а также использовать различные способы улучшения ультразвуковой (УЗ) визуализации [3].

B. D. Fornage в 1988 году при обследовании срединного, локтевого, седалищного и малоберцового нервов трупа под УЗ-контролем вводил в ствол нерва 0,2 мл китайской туши. Определение красителя в стволе нерва при макро- и микроскопическом анализе срезов подтверждало объективность УЗ-визуализации. Этот же прием использовали S. Peerg и соавторы в 2002 году для подтверждения УЗ-визуализации нервов нижней конечности трупа. Помимо экспериментального направления возможность визуализации нервов была доказана при интраоперационном выявлении описанной при УЗ исследовании патологии, прежде всего опухолей и разрывов нервов [23].

Для правильной интерпретации получаемого при УЗ исследовании изображения периферического нерва M. Graif в 1991 году и E. Silvestri в 1995 году проводили сопоставление УЗ и соответствующих им гистологических срезов образцов нервов человека, иссеченных после ампутации конечности, и образцов нервов животных. Помимо описания изображений, E. Silvestri провел количественную оценку числа пучков нервных волокон, выявляемых в 12 срезах каждого образца, и получил высокий уровень корреляции между УЗ и гистологическим исследованиями. Таким образом, была доказана возможность УЗ-визуализации фасцикулярного строения нервного ствола и описан *УЗ-паттерн нерва с гипохогенными пучками нервных волокон на фоне гиперэхогенных оболочек* (схема представлена на рис. 12) [23].

При сканировании в поперечной проекции нерв выглядит как образование округлой или овальной формы с достаточно четким контуром. Внутри образования можно увидеть



Рисунок 12. Схематическое изображение нерва при поперечном (а) и продольном (б) ультразвуковом сканировании: анэхогенные (черные) пучки нервных волокон на фоне гиперэхогенных (белых) оболочек нерва [23].

округлые гипоехогенные включения, также имеющие четкие контуры. В научной литературе встречаются такие образные выражения, как «медовые соты» или «соль-перец», хорошо характеризующие особенности эхографической картины, которую наблюдает врач при локализации нервного ствола (рис. 13) [3].

При продольном сканировании структура нерва также упорядочена и представлена чередующимися линейными полосами с четким гиперэхогенным контуром («электрический кабель») (рис. 14) [3].

Заключение

«Самая большая трагедия для мыслящего человека — остывание страсти к познанию» (Евгений Богат).

В заключении нам хотелось выразить надежду, что изложенные в этой статье сведения позволят читателям систематизировать собственные знания.

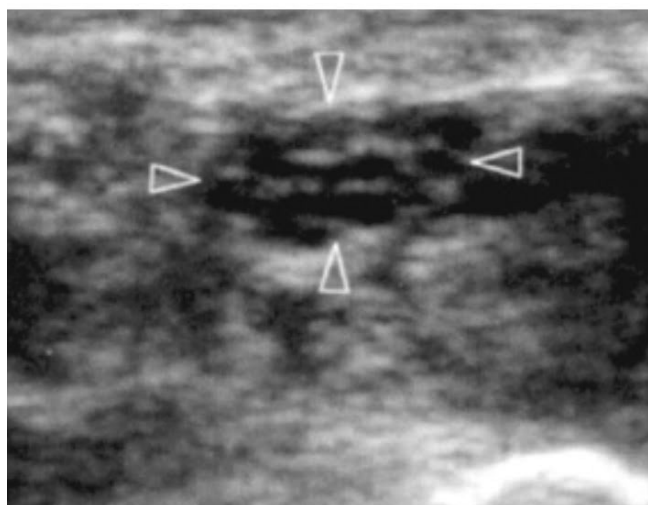


Рисунок 13. Поперечный срез срединного нерва (стрелки). Напоминает «медовые соты» или «соль-перец» [24].

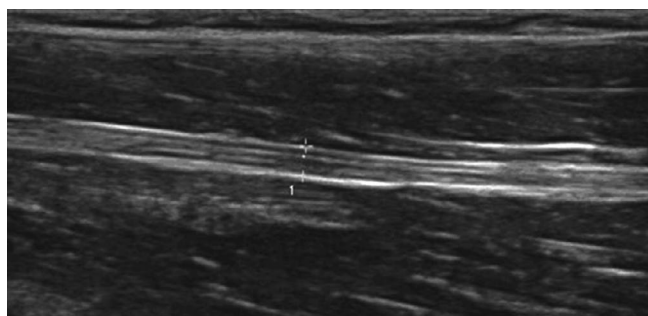


Рисунок 14. Продольный срез периферического нерва (маркеры). Напоминает «электрический кабель» [25].

Список литературы:

1. Ультразвуковая диагностика сосудистых заболеваний. Второе издание / под ред. В.П. Куликова. — М.: ООО «Фирма СТРОМ», 2011. — 512 с.: ил.
2. Barber F.E., Baker D.W., Nation A.W.C. et al. (1974) Ultrasonic Duplex echo Doppler. *IEEE Trans. Biomed. Eng.*, BME — 21, 109.
3. Функциональная диагностика: национальное руководство / под ред. Н.Ф. Берестень, В.А. Сандрикова, С.И. Федоровой. — М.: ГЭОТАР-Медиа, 2019. — 784 с. ил.
4. Харченко В.П., Зубарев А.Р., Котляров П.М. Ультразвуковая флебология. М.: ЗАО «Эники», 2005. — 176 с. ил.
5. Чуриков Д.А., Кириенко А.И. Ультразвуковая диагностика болезней вен. М.: Литтерра, 2015. — 176 с. ил.
6. Каплунова О.А., Швырев А.А., Шульгин А.И. Клиническая анатомия вен нижних конечностей. // Медицинский вестник Юга России. — 2011 г. — № 1. С. 10–17.
7. Мазайшвили К.В., Хлевцова Т.В., Акимов С.С., Цыплящук А.В. Ультразвуковая анатомия вен нижних конечностей (с описанием диагностики заболеваний и хирургической тактики). М.: ИД «МЕДПРАКТИКА-М», 2016. — 72 с.
8. Caggiati A., Kalodiki E., Partsch H. Frank Bernard Cockett 1916–2014 // *Phlebology*. — 2015. — Т. 30. — № 2. — С. 150–152.
9. Cockett F.B., Jones D.E. The ankle blow-out syndrome: a new approach to the varicose ulcer problem. *Lancet* 1953; 1: 17–23.
10. Dodd H, Cockett F.B. The pathology and surgery of the veins of the lower limb, Edinburgh and London: E. and S. Livingstone, 1956 (2nd edition 1976).
11. Cavezzi A., Labropoulos N., Partsch H. et al. Duplex ultrasound investigation of the veins in chronic venous disease of the lower limbs — VIP Consensus document. Part II. Anatomy // *Eur. J. Vasc. Endovasc. Surg.* — 2006. — № 31 — P. 288–299.
12. Фениш Х., Даубер В. Карманный атлас анатомии человека. / Пер. с англ. — СПб.: «Издательство «ДИЛ»», 2014. — 576 с. ил.
13. Ларионов М.В., Чуенков О.В., Гайфуллин Р.Ф., Хафизьянова Р.Х. К вопросу о синдроме Педжета-Шреттера. // Казанский медицинский журнал. — 2010 г. — Том 91, № 6. — С. 821–826.
14. Hughes ESR: Venous obstruction in the upper extremity // *Br. J. Surg.* — 1949. — Vol. 36. — P.155–163.
15. Contorni L. The vertebral-vertebral collateral circulation in obliteration of the subclavian artery at its origin // *Minerva chirurgica*. — 1960. — Т. 15. — С. 268–271.
16. Reivich M. et al. Reversal of blood flow through the vertebral artery and its effect on cerebral circulation // *New England Journal of Medicine*. — 1961. — Т. 265. — № 18. — С. 878–885.
17. A New Vascular Syndrome: «The Subclavian Steal», editorial, *New Eng J Med* 265:912–913, 1961.
18. Цвибель В., Пеллерито Д.С. Ультразвуковое исследование сосудов; пер. с англ. В.В. Борисенко и др. / Под ред. В.В. Миткова, Ю.М. Никитина, А.В. Осипова. — М.: Издательский дом Видар-М, — 2008. — 646 с.
19. Tahmasebpour H. R., Buckley A. R., Cooperberg P. L., Fix C. H. Sonographic Examination of the Carotid Arteries // *RadioGraphics*, 2005. — Vol. 25. — P. 1561–1575.
20. Синельников Р.Д. Атлас анатомии человека в трех томах. Том II. Учение о внутренностях и сосудах. М.: Государственное издательство медицинской литературы, 1963. — 502 с.
21. Schöning M., Grunert D., Stier B. Transkranielle Duplexsonographie durch den intakten Knochen: Ein neues diagnostisches Verfahren // *Ultraschall in der Medizin*. — 1989. — Т. 10. — № 02. — С. 66–71.
22. Лелюк В.Г., Лелюк С.Э. Ультразвуковая ангиология. М.: Реальное время, 2003. — 336 с.
23. Малецкий Э.Ю., Короткевич М.М., Бутова А.В., Александров Н.Ю., Ицкович И.Э. Измерение периферических нервов: сопоставление ультразвуковых, магнитно-резонансных и интраоперационных данных. // *Медицинская визуализация*. — 2015. — №2. — С. 78–86.
24. Еськин Н.А., Голубев В.Г., Богдасhevский Д.Р., Насникова И.Ю., Приписнова С.Г., Финешин А.И., Атабекова А.А. Эхография нервов, сухожилий и связок // *SonoAce International*. — 2005. — №13. — С. 82–94.
25. Романова М.Н. Особенности ультразвукового исследования периферических нервов верхних конечностей у детей. // *Дальневосточный медицинский журнал*. — 2013. — № 1. — С. 64–67.

Для цитирования: Заикина Н.В., Агафонова Л.В., Заикина М.П. Образные сравнения и эпонимы в функциональной диагностике. Часть 3. Ультразвуковое исследование сосудов и периферических нервных стволов. *Медицинский алфавит*. 2020; (32):53–61. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2020-32-53-61>

For citation: Zaikina N.V., Agafonova L.V., Zaikina M.P. Figurative comparisons and eponyms in functional diagnostics. Part 3. Ultrasound examination of blood vessels and peripheral nerves. *Medical alphabet*. 2020; (32):53–61. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2020-32-53-61>

Термотопография кистей рук здорового человека как основа для тепловизионной диагностики (нарративный обзор)

М. Г. Воловик, Д. Б. Н.^{1,2}

И. М. Долгов, Д. М. Н.¹

¹ООО «Дигнозис», Москва

²ФГБОУ ВО «Приволжский исследовательский медицинский университет» Министерства здравоохранения России, г. Нижний Новгород

Thermotography of the hands of a healthy person as a basis for thermal diagnosis (narrative review)

M. G. Volovik^{1,2}, I. M. Dolgov¹

¹Dignosys LLC, Moscow

²Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Privolzhsky Research Medical University» of the Ministry of Health of the Russian Federation, Nizhny Novgorod

Резюме

Тепловизионные исследования кистей рук — целый мир результатов, используемых как в биомедицинской области, так и в ряде иных прикладных направлений человеческой деятельности (например, в биометрии). Статья представляет собой обзор литературы, посвященный методологии сбора, анализа и представления тепловизионных данных об этом сегменте тела, а также собственно результатам широкого спектра исследований нормальных температурных распределений и реакций у здоровых добровольцев. Последнее важно как нормативная база для последующей разработки температурных критериев любых патологий, имеющих проявления в кистях.

Ключевые слова: тепловидение, кисти рук, физиология терморегуляции кистей, методология, нормальное температурное распределение.

Сокращения: ИК — инфракрасный, ТПВ — тепловизионный, ТА — термоасимметрия, ПДГ — проксимально-дистальный градиент, ХП — холодная проба, АВШ — артериовенозный шунт, ROI (region of interest) — область интереса.

Summary

This is a narrative literature review of current status of normal hand thermography, methods and technique of their acquisition and analysis. Some physiological processes underlying the thermography picture formation also discussed.

Key words: thermal imaging, hand, physiology of hand thermoregulation, methodology, normal temperature distribution.

Введение

Кисти рук составляют 6–7% общей площади поверхности тела, но кровотока в них, изменяясь в десятки и сотни раз, обеспечивает эффективную регуляцию теплоотдачи. В целом, у человека в разных контекстах величина кожного кровотока может изменяться от 1–2 до 30% минутного объема кровообращения (который в покое равен примерно 5 л/мин.) [1].

Тепловидение, или термография — получение видимого изображения объекта на основании его собственного инфракрасного (ИК) излучения, способ дистанционной регистрации пространственного распределения температур на поверхности объектов. Для медицинского использования метода важно, что при любом нарушении существующих нормальных топографических взаимоотношений и морфо-функциональных характеристик биологических тканей независимо от причины происходит изменение их энергообеспечения и, следовательно, ИК излучения от этой области и ее температуры.

Доказано, что участок здоровой кожи в тепловизионном (ТПВ) отображении аналогичен экрану, с которого можно считывать опосредованные данные о состоянии периферических нервов, спинного мозга, стволовых и корковых отделов головного мозга, сосудов и обменных процессов, функциональном состо-

янии организма в целом [2]. Поскольку паттерн ИК излучения от любых биологических тканей определяется, прежде всего, локальной и системной регуляцией кровотока в них [3], «норме» соответствуют здоровые кожные покровы с адекватным кровоснабжением и ненарушенными нервными путями управления терморегуляторными процессами.

В соответствии с этим положением можно выделить следующие основные группы эндогенных патологических контекстов, относящихся к кистям рук:

- прерывание одного или нескольких звеньев в многоуровневой системе терморегуляции (причины: неврологическая патология);
- измененное кровоснабжение при интактной терморегуляции (причины: сосудистая, эндокринная и иная патология различного генеза);
- поврежденные кожные покровы при интактной терморегуляции и ненарушенном (как минимум, магистральном) кровоснабжении (причины: дерматология, ожоги, послеожоговые рубцы и иное).

Кроме этих трех групп проблем характер ИК излучения от кистей может меняться при воспалительных и дегенеративных процессах в суставах (артриты, артрозы), болезнях соединитель-

ной ткани, нарушениях комбинированной этиологии (возрастные изменения, стельбел Филатова), в том числе — при психофизиологических реакциях.

Цель: Обзор современных исследований термотопографии кистей рук в норме и при патологии, перспективных в плане создания на их основе систем поддержки принятия решения в ТПВ скрининг-диагностике и мониторинге лечения. Достижение этой цели возможно в рамках оценки имеющихся в литературе решений следующих задач: 1) разработка методологии (протоколов сбора и анализа исходных ТПВ данных); 2) выявление границ нормального температурного распределения на кистях рук у здорового человека, которые должны явиться нормативными (эталонными) для определения любых патологий, имеющих проявления в этой области тела.

Протокол сбора ТПВ информации о кистях рук: общие правила, пространство анализируемых признаков

Положения общепринятого стандартного протокола подготовки пациента и процедуры ТПВ обследования описаны в ряде работ [4, 5], мы остановимся на деталях, значимых для кистей рук. Так, примерно за 4 часа до обследования рекомендовано избегать тяжелой пищи, после приема которой желудок «обкрадывает» кожный кровоток, что приводит к снижению температуры кожи в конечностях [6]. Статистическими методами оценены оптимальные процент и время акклиматизации (адаптации), при этом между женщинами и мужчинами не обнаружено статистически значимых различий в терморегуляции кистей рук, но имеются различия в динамике акклиматизации между дистальными и проксимальными фалангами пальцев [7]. Кроме того, в термонейтральной зоне и в акклиматизированных условиях сосудистые реакции могут быть вызваны у здоровых людей не терморегуляторными причинами, например, психологическим стрессом. Поэтому корректные протокольные условия съема ТПВ информации должны жестко соблюдаться не только в отношении физических условий среды, но и в психологическом отношении [8].

Следует стремиться к стандартной укладке кистей рук у больных и соблюдению технических условий регистрации, что немаловажно для клинической ТПВ диагностики повреждений и заболеваний периферических нервов и сосудов верхних конечностей. Регистрация термограмм кистей рук, в зависимости от локализации зон интереса (ROI) и задач исследования, наиболее информативна в позициях: тыльная поверхность, ладонная поверхность, на наружном ребре (при необходимости — обычно при нарушениях в зоне иннервации лучевого нерва) с доступностью для обследования 1-го межпальцевого промежутка и «табачерки» [9]. Укладка должна быть по возможности симметричной, обзору должны быть доступны ROI, простирающиеся при обследовании кистей до границы средней и нижней трети предплечья. Пальцы разведены, но без напряжения. Желательно положение III пальцев перпендикулярно линии пола, левый и правый III пальцы параллельны друг другу [10, 11]. Следует учитывать зависимость температурных данных от положения кистей (прежде всего, выше или ниже уровня сердца) [5]. Возможны и нестандартные укладки кистей при решении частных задач [12].

Для предотвращения искажений ИК потока от кистей последние в максимально удобном положении помещают на теплоизо-

лирующую подложку (оптимально — сетка, натянутая на ребра ящика), под предплечья подкладывают мягкую прокладку во избежание сдавливания сосудов и нервов. Ось визирования при обследовании должна быть перпендикулярна плоскости поверхности кистей. Фокусное расстояние при регистрации выбирают таким образом, чтобы степень заполнения ТПВ кадра полезным сигналом («рабочая зона» — значимая для анализа область в кадре) позволяла максимально эффективно использовать площадь ИК матрицы тепловизора [13].

Традиционно используется укладка в положении стоя [4]. Однако в ряде исследований показано влияние положения тела на регистрируемые ИК характеристики в разных его частях [14, 15] и выявлена дополнительная провокационная нагрузка на функциональную систему регуляции периферического кровотока у стоящих [16, 17]. С учетом того, что в положении сидя базовые характеристики термопаттернов и термореакций сохраняются в большинстве клинических ситуаций, для некоторых больных целесообразно применять более щадящие варианты укладок [18].

При выборе стороны кисти для обследования одним из аргументов в пользу регистрации температуры с тыльной стороны является различие в терморегуляторном ответе оволосенной и безволосой кожи, которые по-разному реагируют на температурные раздражители [19]. Существуют также различия в температурных порогах локальных сосудистых ответов [20]. Однако ТПВ измерения температуры на тыле кистей показали, что термограмма не содержит буквального отражения пространственно-временного паттерна термочувствительных рецепторов кожи, отвечающих за ввод информации в систему терморегуляции [21].

К. Ammer [22] разъясняет значение измерений температуры ладонной поверхности кистей рук. В его списке: референтные значения нормы; оценка состояния температурного комфорта и отклонений от него; ревматоидный и псориатический артрит, остеоартрит; комплексный регионарный болевой синдром; болезни периферического кровообращения; лимфедема; феномен Рейно; вибрационная болезнь; холодовый невроаскулит; холодовая травма; карпальный, кубитальный и другие туннельные синдромы; синдром лестничной мышцы; гипергидроз и онлайн-контроль его хирургического лечения; терморегуляторные реакции на упражнения, температурные и эмоциональные стимулы (психологический стресс); геморрагический шок; коллапс; сахарный диабет; факторы риска кардиоваскулярных заболеваний; контроль биологической обратной связи; эффекты лекарственных препаратов. Возможен также контроль уровня спинальной анестезии [23].

Мы не находим в этом списке дополнительных возможностей метода по сравнению с измерениями на тыльной (дорсальной) поверхности кисти. Добавим также: спинальные неврологические синдромы (рефлекторные и корешковые, а также симпатические при спинальной травме на уровне Th4–6) [2, 9]; исследование механизмов регуляции периферического кровотока и терморегуляции (как локальных, так и системных [2, 24, 25]), нарушений толерантности к глюкозе и сахарного диабета на ранней стадии (см. статью [26]). При этом только оценку гипергидроза лучше проводить с ладонной стороны, для артритов мы считаем тыл кисти информативнее, для всего остального — скорее, равнозначно. В то же время, технически для испытуемых обследование тыла удобнее, не говоря о пациентах с двигательными или болевыми ограничениями.

При анализе данных следует учитывать, что даже в контролируемых условиях (один и тот же субъект и протокол, одно и то же время дня и условия среды) температура пальцев изо дня в день флуктуирует примерно на $\pm 1,0^{\circ}\text{C}$ [27]. Температура кожи ниже утром и повышается в течение дня, что свидетельствует о связи между кожным кровотоком и циркадным ритмом. При этом руки — область тела с наибольшим таким повышающимся температурным трендом [28, 29]. Для уменьшения влияния циркадного ритма целесообразно проведение измерений всегда в одно и то же время дня [30–32].

Анализ широкого спектра физиологических и клинических контекстов, в которых производятся измерения кожной температуры, доказал обязательность стационарных протокольных условий регистрации и использования областей, которые надежно связаны с изучаемыми причинами изменения этих температур [33]. Многочисленные исследования достоверности, надежности и воспроизводимости ТПВ данных подтвердили основания высокой эффективности применения метода в медицине [34–37]. В частности, внутриклассовый коэффициент корреляции (ICC) составил при ТПВ измерениях на конечностях от 0,46 до 0,99, в большинстве работ превысив 0,8 [10, 36, 38–40].

Существует также обширный корпус работ, посвященных обработке и представлению ТПВ данных. Сюда относятся разработка автоматических методов выделения из фона контуров кистей при низком температурном контрасте [41, 42], сегментация областей интереса [43–45], поиск значимых признаков заболеваний, основанных на выборе областей интереса и способах их сравнения [46, 47], и ряд других направлений, в последние годы все больше ориентирующихся на применение технологий машинного интеллекта [48].

Пространство анализируемых признаков для кистей рук:

1. Термоасимметрия (ТА) — разница температур между коррелирующими ROI слева и справа.
2. Локальная гипертермия (по разнице температур ΔT с окружающими тканями).
3. Локальная гипотермия (по тому же принципу).
4. Проксимально-дистальный градиент (ПДГ) в парах ROI «плечо/кисть» или «предплечье/кисть», «тыл кисти/ногтевые фаланги пальцев» и «основная фаланга/ногтевая фаланга» каждого пальца.
5. Специфические для данного сегмента тела признаки — анизотермия пальцев, ТА отдельных пальцев и разница температур локтевого и лучевого краев кисти.

Физиологические основы формирования нормальной ТПВ картины кистей рук

В физиологических условиях терморегуляторные реакции вазоконстрикции / вазодилатации происходят, главным образом, в конечностях, имеющих более высокое отношение площади поверхности к объему, больший размах тепловых колебаний за счет вегетативной активности, «отслеживающей» температуру окружающей среды в сравнении с температурой кожных покровов и модулирующей кровотоки на периферии для регуляции внутренней температуры тела [49]. Изучение температурного распределения и его динамики в верхних конечностях при разнообразных физиологических реакциях и состояниях у здоровых людей служит основанием для выработки ТПВ критериев множества сосудистых, нейропатических, воспалительных и иных заболеваний.

Артериовенозные анастомозы, или шунты (АВШ) расположены преимущественно в коже дистальных сегментов (акральные зоны — подушечки пальцев, зоны тенара и гипотенара, ногтевые ложа), где представлены также мелкие резистивные сосуды (артерии и артериолы) [50]. Эти области играют ключевую роль в вегетативной терморегуляции, и в богатых АВШ участках безволосой кожи изменения микроциркуляции являются доминирующей причиной флуктуаций температуры [51]. В пальцах, ладонях и стопах кожная температура зависит почти исключительно от перфузии, причем в кисти она связана прежде всего с перфузией пальцев, — возможно, вследствие незначительности метаболического вклада пястной области как «транзитной» для кровотока [52]. Утверждалось, что АВШ в коже конечностей, «не находясь под метаболическим контролем, не способны к реактивной гиперемии» [53]. Иную точку зрения доказывают эксперименты с параллельной регистрацией температурных и микроциркуляторных характеристик кончика пальца при его периодических пережатиях жгутом [54], где получена 98 % корреляция данных с тыльной и ладонной стороны ногтевой фаланги в ходе окклюзии и в постокклюзионный период. В работе [55] сделан вывод, что «дорсальная поверхность дистальной фаланги является хорошей альтернативой для изучения симпатически связанных вазомоторных (нейрососудистых) реакций».

Связь температуры и кровотока в кистях — предмет многочисленных исследований. Показано, что температурный паттерн кистей и пальцев рук хорошо коррелирует с параметрами кровотока, измеренными ЛДФ [56–59], лазерной спеклографией (LSCI) [12], объемной плетизмографией [60]. Температурные градиенты кожи являются точной мерой терморегуляторной периферической вазоконстрикции, что позволяет использовать тепловидение в разнообразных контекстах, в том числе как дополнительный метод оценки риска кардиоваскулярных осложнений. Адекватность применения тепловидения в исследованиях кровотока доказывает и корреляция данных ТПВ измерений кожной температуры с изменениями перфузии и оксигенации в физиологических и патофизиологических контекстах [61].

ТПВ измерения акрального кровотока кожи легче по выполнению и проще анализируются по сравнению с прямыми методами измерения кровотока (ЛДФ и ФПГ) и широко используются как индикатор симпатических рефлекторных реакций на различные раздражители. Так, показано, что стимуляция симпатической нервной системы вызывает в коже кончиков пальцев почти немедленную вазоконстрикцию [62, 63]. Кисти рук являются удобной моделью для изучения местных эффектов вазоактивных веществ, например, токсинов. Интрадермальное введение пчелиного яда мелиттина позволило с помощью тепловидения установить динамику формирования болевого синдрома, закономерности рецепторных реакций, оценить степень и стадию развития патофизиологических нарушений [64], а также эффективность местного введения антагонистов NMDA-рецепторов для лечения нейровоспалительной боли [65].

Примерно 75 % статей сообщают о разнице менее $0,2^{\circ}\text{C}$ в температурном распределении на ладонной и тыльной поверхностях кистей в норме (не считая пальцев), а также в поперечном градиенте на ладонях (рис. 1). Температуры ладони правой руки находились, по разным данным, в диапазоне $27,8 \pm 2,1^{\circ}\text{C}$ при температуре окружающей среды 19°C и достигали значений $34,1 \pm 0,7^{\circ}\text{C}$ при ее повышении выше зоны комфорта. Отмечено,

что при температуре среды выше комфортной снижается разброс температур кисти и уменьшается диапазон их колебаний, а при низких температурах среды колебания растут и разброс увеличивается. ТА кистей с тыльной стороны была такая же, как и с ладонной [19]. Показано также, что и термореакции в ногтевых фалангах пальцев на различную стимуляцию идентичны с ладонной и тыльной сторон кисти [54]. Тем не менее, средняя температура тыла кистей была на 0,2-1,1°C ниже, чем ладонная температура [19].

Температурный градиент между пальцами кисти и предплечьем может служить показателем (индексом) периферического кровообращения и вазомоторного тонуса. Но чаще пользуются разницей температур между кончиками пальцев (ногтевая фаланга) и серединой пясти (тыл кисти) [66]. Цифровой ТПВ мониторинг реактивности сосудов обеспечивает значимые и воспроизводимые физиологические переменные, а комбинацию ТПВ измерений и мониторинга АД можно использовать как в клиниках, так и дома [67]. Иной подход в оценке васкулярной реактивности — по термоответу на нагрев поверхности кожи на тыле кистей — использован в работе [59].

Изучены гендерные различия в термотопографии верхних конечностей у здоровых испытуемых: так, у молодых мужчин, в отличие от женщин, достоверно теплее оказались плечо и предплечье, но нет различий в температуре кистей [68]. В этой же работе установлена зависимость ИК излучения от индекса массы тела и локального подкожного жира, анатомической структуры анализируемых областей или распределения термочувствительных рецепторов. Среди лиц старше 60 лет отмечено значительное снижение температуры рук [69], эти данные подтверждены в [70].

Влияние возраста на эффективность терморегуляторного ответа на локальную холодовую пробу (ХП) исследовано в [71]. Отмечено, что у более пожилых субъектов контралатеральная симметрия вазоконстрикторного ответа была намного ниже, чем у молодых. Однако эти данные критикуются за использование протокола, препятствующего оценке воспроизводимости процессов терморегуляции в ИК отображении [7].

Изучена тепловая реакция ладонной стороны рук у здоровых молодых людей после ХП и ее вариабельность при повторном исследовании в течение двух дней [72, 73]. Результаты показали, что: а) температура кожи на дорсальной и ладонной

сторонах руки сильно коррелирует; б) корреляция более сильная на пальцах, чем в запястно-пястной области; в) ладонная сторона кисти теплее, чем тыльная, но на пальцах в постстимульный период инвертирован ПДГ (ногтевое ложе теплее); и г) ΔT между дорсальной и ладонной сторонами пальцев не зависит от температуры кожи, а ΔT в запястно-пястной области зависит от температуры. В целом, полученные данные свидетельствуют о существовании различных моделей изменения температуры кожи рук в норме, что важно учитывать при детальных исследованиях тепловых явлений в руке [74].

В норме в ответ на ХП после кратковременного вазоспазма формируется тепловая реакция, которая, помимо вышеперечисленных факторов, зависит также от пола и гормонального статуса испытуемого [75]. При нарушениях регуляции периферического кровотока ХП на кистях рук может вызывать вазоспазм [76].

Проведено экспериментальное исследование по оценке изменений температуры и термомеханических свойств кожи в зависимости от эффектов гравитации [77]. ИК измерения проводили на предплечье в трех положениях: горизонтальном, при поднятой и при опущенной руке. Возврат к тепловому балансу после охлаждения и нагревания происходит быстрее при горизонтальном положении руки. Сравнительное исследование экспериментального охлаждения и нагревания показало симметричное поведение кожной температуры при обоих типах воздействий, сходное у мужчин и женщин.

Установление взаимосвязи между кровотоком в коже и динамикой кожной температуры является важнейшей проблемой при ТПВ визуализации кровотока. В этой связи особую ценность приобретают исследования колебательных температурных процессов в коже конечностей в ИК отображении.

Функциональная ИК визуализация способна обнаруживать низкочастотные колебания температуры в неповрежденной коже человека и выявлять пространственные, временные, спектральные и частотно-временные различия между тремя классами тканей: микроциркуляторным руслом, большими подкожными венами и оставшаяся окружающая ткань предплечья [78]. Авторы обнаружили, что крупные вены имеют более сильную сократимость в диапазоне 0,005–0,06 Гц по сравнению с двумя другими классами тканей. Участки микроциркуляторного русла и кожи без сосудов, видимые в ИК, имеют высокую фазовую когерент-

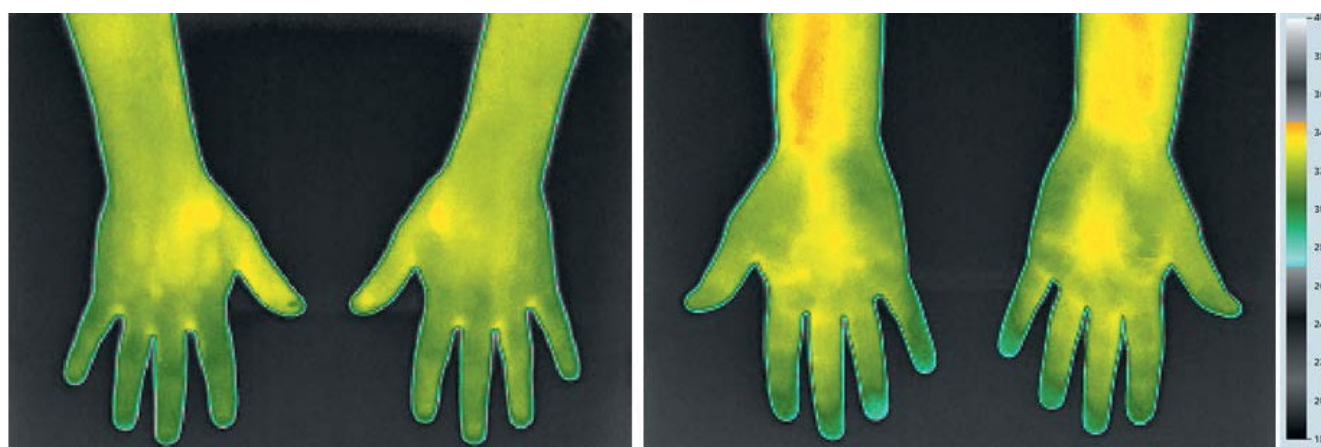


Рисунок 1. Пример нормального распределения температур на тыльной (слева) и ладонной (справа) поверхностях кистей мужчины 38 лет (собственные исследования).

ность в самых низких трех диапазонах частот (0,005–0,0095 Гц, 0,0095–0,02 Гц и 0,02–0,06 Гц), тогда как большие вены колеблются независимо.

Группа российских авторов исследовала колебания кожного кровотока, связанные с механической активностью сосудов [79–82]. Разработанная методика спектральной фильтрации для визуализации кровотока на основе тепловидения позволяет преобразовывать температуру кожи в реальном времени в колебания кровотока кожи, и наоборот. Описан общий алгоритм обратимого преобразования температуры в кровотока, позволяющий превратить датчик температуры в датчик кровотока. Это перспективно для диагностики периферических гемодинамических нарушений, в частности, при мониторинге кровоснабжения пересаженных кожных лоскутов и при заживлении ожогов.

В связи поиском способов осуществления дистантного ишемического preconditionирования в области диагностики и терапии атеросклероза, артериальной гипертензии, сахарного диабета проанализированы и обобщены результаты работ, посвященных изучению реакции организма человека на окклюзионную пробу [83–86]. Показано, что ТПВ анализ температурных колебаний кожи ограничивается эндотелиальным, нейрогенным и краем миогенного диапазона с частотами менее 0,1 Гц. Наиболее удобным сегментом для измерений признана кисть. Показана синхронность колебаний температуры левой и правой кистей в покое (коэффициент корреляции $r=0,95$) и через определенное (индивидуальное для каждого испытуемого) время после окклюзионной пробы. Это время восстановления может быть использовано для оценки реактивной способности кровотока.

В психофизиологических исследованиях наиболее изучаемая область тела с применением тепловидения — лицо. Однако рукам также посвящены некоторые работы. Так, установлено, что при реакциях страха и боли происходит снижение температуры ладонной поверхности [87] и пальцев рук [88], сходные изменения происходят при реакции смущения [89]. Тепловидение использовано также в когнитивной нейробиологии в качестве соматического маркера субъективного опыта во время когнитивных и эмоциональных задач типа задачи Iowa Gambling. Результаты показали значительную корреляцию между изменениями температуры рук и лба и психическим состоянием: она имела тенденцию снижаться во время эмоциональных заданий и повышаться во время познавательных заданий, а при смешанных заданиях (с участием как когнитивных, так и эмоциональных ресурсов), таких как задание Damasio Gambling Task, термопаттерн был более сложным, но постоянным: холодный лоб и руки у хороших игроков против горячих рук и лба у плохих игроков [90]. Стабильность индивидуального рисунка вен тыльной поверхности кистей является также основой развития технологий их ИК визуализации с целью биометрической аутентификации [41, 91, 92].

Важным прикладным значением обладают исследования влияния курения на нормальное температурное распределение и его динамику на кистях рук [93–95]. Показан сосудосуживающий эффект никотина, способный снизить температуру кожи рук. Более того, курильщики имеют сниженное кровоснабжение конечностей по сравнению с некурящими (например, у них нарушен капиллярный кровоток и механизмы вазодилатации). Поэтому для физиологических исследований рекомендуется исключать из выборки курящих, а общей рекомендацией является 6–12 часов не курить перед ТПВ обследованием. Способ попадания никотина

в организм не принципиален для вызывания периферической вазоконстрикции (курение, жевание, снюсы) [96, 97]. Подтвержден кумулятивный эффект от курения большого количества сигарет [98, 99], особенно опасный для спортсменов [100]. Выявленный непосредственный визуальный тепловой эффект (снижение температуры кистей) после курения, полезный для демонстрации в образовательных программах по борьбе за здоровый образ жизни, позволил предложить тепловидение как рутинный метод оценки потенциального вреда курения для гипертоников и нормотоников [101]. Та же направленность может быть у исследований ТПВ эффектов алкогольного опьянения [102].

Заключение

Универсальных методологических подходов к изучению температурной жизни кистей мы выделяем два: а) статическое тепловидение с применением методов машинной обработки и анализа данных и б) функциональное динамическое тепловидение. Добывание знаний об исходных паттернах и реакциях, присущих здоровому организму в разнообразных физиологических контекстах, является важнейшим этапом на пути решения многообразных диагностических задач. Сравнивая получаемые ТПВ данные с эталонными данными, известными для здоровых кожных покровов, мы можем отследить характер и степень изменений на разных уровнях терморегуляторной системы и связать их с конкретными клиническими ситуациями [103].

Список литературы:

1. Физиология человека. В трех томах. Пер. с англ./Под ред. Р. Шмидта и Г. Тевса. 2-е изд. М.: Мир, 1996.
2. Воловик М. Г. Динамическое инфракрасное картирование терморегуляторных процессов в биологических тканях. Автореф. дис. доктора биологических наук. — Пушкино, — 2016. — 45 с.
3. Johnson J. M., Kellogg D. L. Jr. Thermoregulatory and thermal control in the human cutaneous circulation // *Front Biosci. (Schol Ed.)*. 2010 Jun 1; 2: 825–853. doi: 10.2741/s105
4. Ammer K. The Glamorgan Protocol for recording and evaluation of thermal images of the human body // *Thermology International*. 2008;18(4):125–129.
5. Sillero-Quintana M. S., Fernandez-Cuevas I. F., Arnaiz-Lastras J. A., Bouzas J. Protocol for thermographic assessment in humans. In: Pre-Congress XIII EAT Congress Course on «Medical Applications of Human Thermography»; TERMOINEF Group; Madrid, Spain, 2015. doi: 10.13140/RG.2.1.1749.2969
6. Hirai A., Tanabe M., Shido O. Enhancement of finger blood flow response of postprandial human subjects to the increase in body temperature during exercise // *Eur J Appl Physiol.* (1991);62:221–227. <https://doi.org/10.1007/BF00643746>
7. Ospina-Restrepo L. C., Herrera-Velasquez L. M., Barrera-Causil C. J. et al. Thermoregulation of the hand: assessment with infrared thermography. In book: VII Latin American Congress on Biomedical Engineering CLAIB 2016, Bucaramanga, Santander, Colombia, October 26th —28th, 2016. IFMBE proceedings. April 2017. doi: 10.1007/978-981-10-4086-3_182
8. Charkoudian N. Human thermoregulation from the autonomic perspective // *Auton Neurosci Basic Clin.* 2016;196:1–2. doi:10.1016/j.autneu.2016.02.007
9. Колесов С. Н., Воловик М. Г., Прилучный М. А. Медицинское тепловидение: современный методологический подход. Н. Новгород: ФГУ «НИИТО Росмедтехнологий», — 2008. — 184 с.
10. Ammer K. Need for standardization of measurements in thermal imaging. In: B. Wiecek (Ed.). *Thermography & lasers in medicine*. Lodz, Poland: Akademickie Centrum Graficzno-Marketigowe Lodar S.A., 2003. — P. 13–17.
11. Ammer K., Ring F. Standard Procedures for Infrared Imaging in Medicine. In: J. Bronzino (ed.), *Biomedical Engineering Handbook* (3rd. Ed.), Infrared Imaging Section. N.A. Diakides (ed.). CRC Press, 2006; 36.1–36–14.
12. Pauling J. D., Shipley J. A., Raper S. et al. Comparison of infrared thermography and laser speckle contrast imaging for the dynamic assessment of digital microvascular function // *Microvasc Res.* 2012;83:162–167. doi: 10.1016/j.mvr.2011.06.012

13. Makarenko A. V., Volovik M. G. Method of differentiated analysis of IR thermal maps of the exposed cerebral cortex when neurosurgical operations are being performed // *Journal of Optical Technology*. 2015;82(7):459–466. doi:10.1364/jot.82.000459
14. Kurazumi Y., Tsuchikawa T., Ishia J. et al. Radiative and convective heat transfer coefficients of the human body in natural convection // *Building and Environment*. 2008;43:2142–2153. doi:10.1016/j.buildenv.2007.12.012
15. Nkh A., Tahavvor A. R. Numerical simulation of radiation heat transfer of the human body for determining its radiation coefficient // *Proc. of the ASME 2011 Int. Mechanical Engineering Congress & Exposition*. November 11–17, 2011. Denver, Colorado, USA. IMECE2011–65353.
16. De Dear R. et al. 1997. Convective and radiative heat transfer coefficients for individual body segments // *Int J Meteorol*. June 1997;40:141–156. <https://doi.org/10.1007/s004840050035>
17. Najjaran A., Najjaran Ar., Tahavvor A. R., Ahmadfard M. A. Determination of radiation heat transfer coefficient of standing human body model by numerical approach // *Frontiers in Heat and Mass Transfer (FHMT)*. 2012, 3: 033007. doi: 10.5098/hmt.v3.3.3007
18. Volovik M. G., Polevaya S. A., Khomyakova M. I. Cold test for thermal-vision studies of symmetrical reactions in physiology and medical diagnosis // *Journal of Optical Technology*. 2013;80(6):393–399. doi:10.1364/JOT.80.000393
19. Ammer K. Temperature measurements and thermography of the palmar surface of the human hand — An overview // *Thermology International*. 2016;26(4):107–116.
20. Schepers R. J., Ringkamp M. Thermoreceptors and thermosensitive afferents // *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*. — 2010 — 34: — 177–184.
21. Воловик М. Г., Габдулина Е. Г., Зевеке А. В., Клейнбок И. Я., Колесов С. Н., Полевая С. А., Снежнишкая И. В. Определение температуры в термочувствительных точках кожи человека // *Российский физиологический журнал им. И. М. Сеченова*. — 1998;3:256–259.
22. Ammer K. Temperature measurements and thermography of the palmar surface of the human hand — An overview // *Thermology International*. 2016;26(4):107–116.
23. Yamakage M., Kamada Y., Honma Y. Predictive variables of hypothermia in the early phase of general anesthesia // *Anesthesia & Analgesia*. 2000;90(2):456–459. doi:10.1097/0000539-200002000-00040
24. Bouzida N., Bendada A., Mالدague X. P. Visualization of body thermoregulation by infrared imaging // *Journal of Thermal Biology*. 2009;34(3):120–126. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2008.11.008>
25. Сагайдачный А. А., Фомин А. В., Скрипаль А. В., Усанов Д. А. Температурные и гемодинамические эффекты при проведении окклюзионной пробы на верхних конечностях здоровых испытуемых: синхронность, вазоконстрикция, вазодилатация // *Регионарное кровообращение и микроциркуляция*. 2017;63(4):6:27–34. <https://doi.org/10.24884/1682-6655-2017-16-4-27-34>
26. И. М. Дологов, М. Г. Воловик. Проксимально-дистальный температурный градиент на кистях рук как тепловизионный признак нарушения углеводного обмена. Варианты, перспективы применения // *Медицинский алфавит*. 2020;3(25):48–52
27. Ammer K., Melnizky P., Rathkolb O., Hirschl M. Reproducibility of the Response to the Cold Water Challenge // *Thermology international*. 2001, 11 (2) 89–90.
28. Fernandez Cuevas I., Arnaiz Lastras J., Sillero Quintana M. et al. Daily variation of skin temperature in humans through infrared thermography. A pilot study about circadian rhythm // *Clinical Temperature Measurement, National Physical Laboratory (NPL)*. At: London, United Kingdom. January 2012. 1 pp. doi: 10.13140/2.1.3820.3524
29. Costa C. M. A., Sillero-Quintana M., Piñonosa Cano S. et al. Daily oscillations of skin temperature in military personnel using thermography // *Journal of the Royal Army Medical Corps* — 2016; — 162 (5): 335–342. <http://dx.doi.org/10.1136/jramc-2015-000462>
30. Sillero-Quintana M., Fernandez-Jaen T., Fernandez-Cuevas I. et al. Infrared thermography as a support tool for screening and early diagnosis in emergencies // *J Med Imaging Health Inform.* — 2015;5: — 1223–1228. doi: <https://doi.org/10.1166/jmihi.2015.1511>
31. Marins J. C. B., Formenti D., Costa C. M. A. et al. Circadian and gender differences in skin temperature in militaries by thermography // *Infrared Physics & Technology*. — 2015; 71: 322–328. doi:10.1016/j.infrared.2015.05.008
32. Costa C. M. A., Moreira D. G., Sillero-Quintana M. et al. Daily rhythm of skin temperature of women evaluated by infrared thermal imaging // *J Therm Biol.* — 2018;72:1–9. doi:10.1016/j.jtherbio.2017.12.002
33. Taylor N. A. S., Tipton M. J., Kenny G. P. Considerations for the measurement of core, skin and mean body temperatures // *Journal of Thermal Biology*. 2014;46:72–101. doi: 10.1016/j.jtherbio.2014.10.006
34. Ammer K., Engelbert B., Kern E. The Determination of Normal Temperature Values of Finger Joints // *Thermology International*. — 2002;12:23–33.
35. Ammer K., Ring E. F. Repeatability of the standard view both dorsal hands. Results from a training course on medical infrared imaging // *Thermology International*. 2004;14(2):99–102.
36. Zaproudina N., Varmavuo V., Airaksinen O., Narhi M. Reproducibility of infrared thermography measurements in healthy individuals // *Physiological Measurement*. 2008;29:515–524. doi:10.1088/0967-3334/29/4/007
37. Fernandez-Cuevas I., Marins J. C. B., Arnaiz-Lastras J. A. et al. Validity, Reliability, and Reproducibility of Skin Temperature in Healthy Subjects Using Infrared Thermography. In book: *Measuring the Skin* (chapter). Springer International Publishing Switzerland, 2016. P. Humbert et al. (eds.). P. 1311–1318. doi:10.1007/978-3-319-26594-0_74-1
38. Varju G., Pieper C. F., Renner J. B., Kraus V. B. Assessment of hand osteoarthritis: correlation between thermographic and radiographic methods // *Rheumatology* (Oxford); 2004;43(7):915–919. doi:10.1093/rheumatology/keh204
39. Fernández-Cuevas I., Marins J. C., Gomez Carmona P. et al. Reliability and reproducibility of skin temperature of overweight subjects by an Infrared Thermography software designed for human beings // *Thermology international*. 2012;22(S):S130–137.
40. Choi E., Lee P. B., Nahm F. S. Interexaminer reliability of infrared thermography for the diagnosis of complex regional pain syndrome // *Skin Res Technol*. 2013;19:189–193. doi: 10.1111/srt.12032
41. Lin C. L., Fan K. C. Biometric verification using thermal images of palm-dorsal vein patterns // *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*. 2004;14(2):199–213. DOI: 10.1109/TCSVT.2003.821975
42. Sousa E., Vardasca R., Mendes J., Costa-Ferreira A. Towards the Automatic Detection of Hand Fingertips and Phalanges in Thermal Images // *Lecture Notes in Computational Vision and Biomechanics*. 2018;27:1053–1062. doi:10.1007/978-3-319-68195-5_117
43. Gatt A., Formosa C., Cassar K. et al. Thermographic patterns of the upper and lower limbs: baseline data // *Int. J Vasc Med*. 2015;15:831369. <https://doi.org/10.1155/2015/831369>
44. Yoon T. H., Kim K. S., Lee J. W. et al. Image segmentation of human forearms in infrared image / *Conf Proc. IEEE Eng Med Biol Soc*. 2006;1:2762–2765. doi: 10.1109/EMBS.2006.260706
45. Herry C. L. Segmentation and extraction of regions of interest for automated detection of anomalies in clinical thermal infrared images. Ph.D. thesis, Carleton University Ottawa, Ottawa, ON, Canada, 2008.
46. Callet R. Doenças dos tecidos moles. Artmed, Porto Alegre, 2000. 3 ed. [in Portugal].
47. Lange K. H. W., Jansen T., Asghar S. et al. Skin temperature measured by infrared thermography after specific ultrasound-guided blocking of the musculocutaneous, radial, ulnar, and median nerves in the upper extremity // *Br J Anaesth*. 2011;106:887–895. doi:10.1093/bja/aer085
48. Glowacz A., Glowacz Z. Recognition of images of finger skin with application of histogram, image filtration and K-NN classifier // *Biocybern Biomed Eng*. 2016;36:95–101. <https://doi.org/10.1016/j.bbe.2015.12.005>
49. Cheung S. S. Responses of the hands and feet to cold exposure // *Temperature (Austin)*. 2015; 2:105–120. doi: 10.1080/23328940.2015.1008890
50. Крупаткин А. И., Сидоров В. В. Лазерная доплеровская флоуметрия микроциркуляции крови (руководство для врачей). М.: Медицина, 2005.
51. Seifalian A. M., Stansby G., Jackson A. et al. Comparison of laser Doppler perfusion imaging, laser Doppler flowmetry, and thermographic imaging for assessment of blood flow in human skin // *Eur J Vasc Surg*. 1994;8:65–69. [https://doi.org/10.1016/S0950-821X\(05\)80123-9](https://doi.org/10.1016/S0950-821X(05)80123-9)
52. Stoner H. B., Barker P., Riding G. S., et al. Relationships between skin temperature and perfusion in the arm and leg // *Clin Physiology*. 1991;11(1):27–40. doi: 10.1111/j.1475-097X.1991.tb00651.x
53. Камкин А. Г., Каменский А. А. Фундаментальная и клиническая физиология. — М.: Академия, 2010. — 1073 с.
54. Volovik M. G., Kiselyov D. V., Polevaya S. A. et al. Effects of Repeated Local Ischemia on the Temperature and Microcirculation in the Skin of the Human Hand // *Human Physiology*. 2015;41(4):428–436. <https://doi.org/10.1134/S0362119715030184>
55. Mayrovitz H. N., Groseclose E. E. Inspiration-induced vascular responses in finger dorsum skin // *Microvasc Res*. 2002;63(2):227–232. doi:10.1006/mvre.2001.2391
56. Merla A., Di Romualdo S., Di Donato L. et al. Combined thermal and laser Doppler imaging in the assessment of cutaneous tissue perfusion // *Proceedings of the 29th Annual International Conference of the IEEE EMBS Cité Internationale, Lyon, France, August 23–26, 2007* (Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc); FRB04.3: 2630–2633. doi: 10.1109/EMBS.2007.4352869
57. McQuilkin G. L., Panthagani D., Metcalfe R. W. et al. Digital thermal monitoring (DTM) of vascular reactivity closely correlates with Doppler flow velocity // *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc*. September 2009; — 2009:1100–1103. doi: 10.1109/EMBS.2009.5333962
58. Schier R., Marcus H. E., Mansur E. et al. Evaluation of Digital Thermal Monitoring as a Tool to Assess Perioperative Vascular Reactivity // *Journal of atherosclerosis and thrombosis*; — November 2012. — P. 277–286. doi: 10.5551/jat.15255
59. Nieuwenhoff M. D., Wu Y., Huygen F. J. et al. Reproducibility of axon reflex-related vasodilation assessed by dynamic thermal imaging in healthy subjects // *Microvasc Res*. 2016;106:1–7. doi:10.1016/j.mvr.2016.03.001
60. Rubinstein E. H., Sessler D. I. Skin-surface temperature gradients correlate with fingertip blood flow in humans // *Anesthesiology*. — 1990 — Sep;73(3):541–545. PMID: 2393139
61. Klaessens J., Nelisse M., Verdaasdonk R. M., Noordmans H. J. Multimodal tissue perfusion imaging using multi-spectral and thermographic imaging systems applied on clinical data // *Proc. SPIE 8574, Multimodal Biomedical Imaging VIII*, 85740F (March 13, 2013). doi:10.1117/12.2003823
62. Kistler A., Mariauzouls C., von Berlepsch K. Fingertip temperature as an indicator for sympathetic responses // *Int J Psychophysiol*. — 1998 Jun; 29(1): 35–41. doi: [https://doi.org/10.1016/S0167-8760\(97\)00087-1](https://doi.org/10.1016/S0167-8760(97)00087-1)
63. Michikami D., Iwase S., Kamiya A. et al. Interrelations of vasoconstrictor

- sympathetic outflow to skin core temperature during unilateral sole heating in humans // *Auton Neurosci*. 2001 Aug 13;91(1-2):55-61. [https://doi.org/10.1016/S1566-0702\(01\)00286-7](https://doi.org/10.1016/S1566-0702(01)00286-7)
64. Koyama N., Hirata K., Hori K. et al. Computer-assisted infrared thermographic study of axon reflex induced by intradermal melittin // *Pain*. 2000 Feb;84(2-3):133-139. [https://doi.org/10.1016/S0304-3959\(99\)00192-X](https://doi.org/10.1016/S0304-3959(99)00192-X)
 65. Iwashita N., Nosaka S., Koyama N. Involvement of peripheral NMDA receptor in melittin-induced thermographic flare // *Neurochem Res*. 2012;37(10):2222-2228. doi:10.1007/s11064-012-0849-3
 66. Keramidis M.E., Geladas N.D., Mekjavic I.B., Kounalakis S.N. Forearm-finger skin temperature gradient as an index of cutaneous perfusion during steady-state exercise // *Clin Physiol Funct Imaging*. 2013;33:400-404. doi:10.1111/cpf.12043
 67. Naghavi M., Yen A.A., Lin A.W. H. et al. New Indices of Endothelial Function Measured by Digital Thermal Monitoring of Vascular Reactivity: Data from 6084 Patients Registry // *International Journal of Vascular Medicine* 2016. Volume 2016, Article ID 1348028, 8 pp. <http://dx.doi.org/10.1155/2016/1348028>
 68. Chudecka M., Lubkowska A. Thermal maps of young women and men // *Infrared Physics & Technology*. 2015;69:81-87. doi:10.1016/j.infrared.2015.01.012
 69. Niu H.H., Lui P.W., Hu J.S. et al. Thermal symmetry of skin temperature: normative data of normal subjects in Taiwan // *Zhonghua Yi Xue Za Zhi (Taipei)*. 2001;64:459-468. PMID: 11720145
 70. Chlebicka I., Matusiak J.M.A.J., Baran E., Szepietowski J.C. Freezing fingers syndrome, primary and secondary Raynaud's Phenomenon: Characteristic features with hand thermography // *Acta Derm Venereol*. 2013;93(4):428-432. <https://doi.org/10.2340/00015555-1508>
 71. Lahiri B.B., Bagavathiappan S., Nishanthi K. et al. Infrared thermography based studies on the effect of age on localized cold stress induced thermoregulation in human // *Infrared Phys Technol*. 2016;76:592-602. <https://doi.org/10.1016/j.infrared.2016.04.023>
 72. Leijon-Sundqvist K., Tegner Y., Juntti U. et al. Hand skin temperature — Are there warm and cold rewarming patterns after cold stress test? // *Thermology International*. 2016;26(3):81-87.
 73. Leijon-Sundqvist K., Tegner Y., Olsson F. et al. Relation between dorsal and palmar hand skin temperatures during a cold stress test // *Journal of Thermal Biology*. 2017;66:87-92. doi: 10.1016/j.jtherbio.2017.04.003
 74. Leijon-Sundqvist K. Evaluation of Hand Skin Temperature — Infrared Thermography in Combination with Cold Stress Tests. Doctoral thesis. Luleå University of Technology, Sweden. May 2017. 110 pp.
 75. Bartelink M.L., DeWit A., Wollersheim H. et al. Skin vascular reactivity in healthy subjects: Influence of hormonal status // *J Appl Physiol*. 1993;74(2):727-732. doi: 10.1152/jappl.1993.74.2.727
 76. Reilly D.O., Taylor L., El-Hadidy K., Jayson M.I.V. Measurement of cold challenge responses in primary Raynaud's phenomenon and Raynaud's phenomenon associated with systemic sclerosis // *Ann Rheum Dis*. 1992;51(11):1193-1196. doi: 10.1136/ard.51.11.1193
 77. Ratovoson D., Jourdan F., Huon V. Influence of gravity on the skin thermal behavior: experimental study using dynamic infrared thermography // *Skin Res Technol*. 2013;19(1):397-408. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0846.2012.00657.x>
 78. Liu W., Meyer J., Scully C.G. et al. Observing Temperature Fluctuations in Humans Using Infrared Imaging // 10th International Conference on Quantitative InfraRed Thermography (QIRT-10). July 27-30, 2010, Québec (Canada). 9 pp. doi: 10.3166/qirt.8.21-36
 79. Sagaidachnyi A.A., Usanov D.A., Skripal A.V., Fomin A.V. Correlation of skin temperature and blood flow oscillations // *Optical technologies in biophysics and medicine XIII, Saratov Fall Meeting*, Oct. 2011. ed. by V.V.Tuchin et al. Proc. of SPIE. 2012. V. 8337, 83370A-8. <https://doi.org/10.1117/12.925146>
 80. Sagaidachnyi A.A., Skripal A.V., Fomin A.V., Usanov D.A. Determination of the amplitude and phase relationships between oscillations in skin temperature and photoplethysmography-measured blood flow in fingertips // *Physiol Meas*. 2014a;35(2):153-166. doi: 10.1088/0967-3334/35/2/153
 81. Sagaidachnyi A.A., Fomin A.V., Usanov D.A., Skripal A.V. Thermography-based blood flow imaging in human skin of the hands and feet: A Spectral — Filtering Approach // *Physiological measurement*. 2017;38(2):272. doi: 10.1088/1361-6579/aa4eaf
 82. Sagaidachnyi A., Fomin A., Usanov D., Skripal A. Real-time technique for conversion of skin temperature into skin blood flow: human skin as a low-pass filter for thermal waves // *Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering*. May 2019. 11 pp. doi: 10.1080/10255842.2019.1615058
 83. Сагайдачный А.А., Фомин А.В. Анализ временной производной температурной реакции пальцев рук на плечевую окклюзию и ее взаимосвязь с параметрами гемодинамики // *Региональное кровообращение и микроциркуляция*. 2017;63(3):31-40. <https://doi.org/10.24884/1682-6655-2017-16-3-31-40>
 84. Sagaidachnyi A.A., Fomin A.V., Mayskov D.I. et al. Features of the temperature response to a double cuff-occlusion of the upper limbs: remote ischemic preconditioning aspect // *Saratov Fall Meeting 2017: Optical Technologies in Biophysics and Medicine XIX, Proc. SPIE 107160R* (26 April 2018). doi: 10.1117/12.2312533
 85. Сагайдачный А.А., Фомин А.В., Скрипаль А.В., Усанов Д.А. Температурные и гемодинамические эффекты при проведении окклюзионной пробы на верхних конечностях здоровых испытуемых: синхронность, вазоконстрикция, вазодилатация // *Региональное кровообращение и микроциркуляция*. 2017;63(4):27-34. doi: 10.24884/1682-6655-2017-16-4-27-34
 86. Сагайдачный А.А. Окклюзионная проба: методы анализа, механизмы реакции, перспективы применения // *Региональное кровообращение и микроциркуляция*. — 2018;17(3):5-22. doi: 10.24884/1682-6655-2018-17-3-5-22
 87. Ioannou S., Gallese V., Merla A. Thermal infrared imaging in psychophysiology: potentialities and limits // *Psychophysiology*. 2014;51:951-963. doi:10.1111/psyp.12243
 88. Kistler A., Mariauzouls C., von Berlepsch K. Fingertip temperature as an indicator for sympathetic responses // *Int J Psychophysiol Off J Int Organ Psychophysiol*. 1998;29:35-41. doi: 10.1016/s0167-8760(97)00087-1
 89. Merla A., Romani G.L. Thermal signatures of emotional arousal: a functional infrared imaging study // 2007 29th annual international conference of the IEEE engineering in medicine and biology society. IEEE, pp 247-249. doi: 10.1109/IEMBS.2007.4352270
 90. Juárez-Ramos V., Salazar E., de La Fuente J et al. The hot and cold hands of a poker player: The somatic marker hypothesis and thermography // *Dep. Of Experimental Psychology, Univ. of Granada*. — January 2014. — 18 pp. doi: 10.13140/RG.2.2.33433.01126
 91. Cabrera C., Guillen M.R., Adjouadi M. Infrared Thermal Hand Vein Pattern Recognition // Ninth LACCEI Latin American and Caribbean Conference (LACCEI'2011), Engineering for a Smart Planet, Innovation, Information Technology and Computational Tools for Sustainable Development, August 3-5, 2011, Medellín, Colombia. WE1-1—WE1-6.
 92. Kumar A., Hanmandlu M., Lovell B.C. Biometric Authentication Based on Infrared Thermal Hand Vein Patterns // 2009 Digital Image Computing: Techniques and Applications, Melbourne, VIC, Australia, 1-3 Dec. 2009. IEEE Xplore: 19 January 2010. doi:10.1109/DICTA.2009.63
 93. Gershon-Cohen J., Borden A.G.B., Hermel M.B. Thermography of extremities after smoking // *Br J Radiol*. 1969;42:189-191. doi: 10.1259/0007-1285-42-495-189
 94. Bornmyr S., Svensson H. Thermography and laser-Doppler flowmetry for monitoring changes in finger skin blood flow upon cigarette smoking // *Clin Physiol*. 1991;11:135-141. doi: 10.1111/j.1475-097x.1991.tb00106.x
 95. Blank M., Kargel C. Infrared imaging to measure temperature changes of the extremities caused by cigarette smoke and nicotine gums // *Proceedings of IEEE Instrumentation and Measurement Technology Conference, Sorrento, Italy, April 2006*, pp. 794-799. doi: 10.1109/IIMTC.2006.328204
 96. Holland I.I. The effect of oral uptake of nicotine on skin blood perfusion of the face and hands in snus users as determined by thermography. Master thesis in Biomedical sciences. University of Tromsø, — May 2014. — 61 pp.
 97. Holland I.I., de Weerd L., Mercer J.B. The effect of oral uptake of nicotine in snus on peripheral skin blood circulation evaluated by thermography // *Temperature*. Oct./Nov./Dec. 2014;1:3,220-226. <http://dx.doi.org/10.4161/23328940.2014.984553>
 98. Di Carlo A., Ippolito F. Early effects of cigarette smoking in hypertensive and normotensive subjects. An ambulatory blood pressure and thermographic study // *Minerva Cardioangiol*. 2003 Aug;51(4):387-393. PMID: 12900720 [in Italian].
 99. Di Carlo A. Telethermographic study of skin circulation in smokers // 11th Quantitative InfraRed Thermography Conference (QIRT-2012). Naples, Italy, June 11-14, 2012. 2 pp. doi:10.2161/qirt.2012.197
 100. Application of Infrared Thermography in Sports Science. Jose Ignacio Priego Quesada (Editor). Valencia, Spain: Springer International Publishing AG, 2017. 327 p. DOI 10.1007/978-3-319-47410-6
 101. Стулин И.Д., Гуревич К.Г., Солонский Д.С. и др. Термография и ультразвук в оценке курения как фактора риска сердечно-сосудистой патологии // *Оптический журнал*. 2013;80(6):68-72.
 102. Ураков А.А., Грузда А.М. После холодовая динамика инфракрасного излучения и температуры ладоней и пальцев рук мужчин в норме и при алкогольном опьянении // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2014. № 12-1. — С. 109-111; URL: <https://applied-research.ru/ru/article/view?id=6274> (дата обращения: 13.07.2020).
 103. Volovik M.G., Polevaia S.A. Dynamic Infrared Mapping of Human Skin // 14th Quantitative InfraRed Thermography Conference (QIRT-2018). Berlin, Germany, June 24-29, 2018. P11. 8 pp. doi: 10.2161/qirt.2018.p11.

Для цитирования: Воловик М.Г., Долгов И.М. Термопография кистей рук здорового человека как основа для тепловизионной диагностики (нарративный обзор). *Медицинский алфавит*. 2020; (32):62-68. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2020-32-62-68>

For citation: Volovik M.G., Dolgov I.M. Thermography of the hands of a healthy person as a basis for thermal diagnosis (narrative review). *Medical alphabet*. 2020; (32):62-68. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2020-32-62-68>



Тепловизионный
аппаратно-программный
комплекс

«ДИГНОСИС»[®]

на базе российского медицинского тепловизора «ТВС300-мед»
и отечественного многоуровневого, многофункционального
комплекса программ «TVision»*

Новый уровень медицинского тепловидения,
соответствующий передовым методам
инструментальной диагностики.

Использование «облачных» технологий для передачи,
обработки, анализа и хранения тепловизионных данных
по результатам обследований. Получение доступа ко
всем возможностям программного комплекса «TVision»
с любого устройства, имеющего подключение к сети
Интернет, без установки дополнительного программного
обеспечения.

Быстрое и достоверное выявление термографических
признаков аномальных зон при обследовании пациентов
в ручном, полуавтоматическом, автоматическом режимах
работы АПК и оценка эффективности проводимого
лечения.

Обработка и анализ термограмм
любых радиометрических форматов,
полученных с использованием
тепловизоров отечественного и
зарубежного производства.

*Свидетельство Роспатента о государственной
регистрации программы для ЭВМ № 2018616903

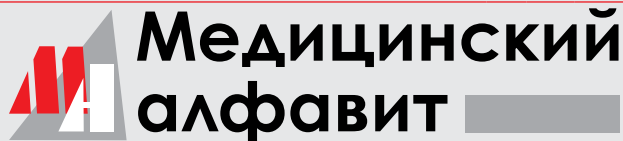


Производитель ООО «ДИГНОСИС»

119526, Россия, г. Москва, Ленинский проспект, д.146, офис 344.

Тел. +7(495) 508 0646 +7(916) 124 7499 www.dignosys.com info@dignosys.com

БЛАНК-ЗАКАЗ на подписку на журнал 2021 год



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

Адрес (с почтовым индексом) _____

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

- ☐ «Медицинский алфавит. Стоматология» — 4 выпуска в год (1 800 руб. в год)
- ☐ «Медицинский алфавит». Серия «Стоматология» — 4 выпуска в год (1 800 руб. в год)
- ☐ «Медицинский алфавит». Серия «Современная лаборатория» — 2 выпуска в год (900 руб. в год)
- ☐ «Медицинский алфавит». Серия «Эпидемиология» — 2 выпуска в год (900 руб. в год)
- ☐ «Медицинский алфавит». Серия «Обозрение» — 2 выпуска в год (900 руб. в год)
- ☐ «Медицинский алфавит». Серия «Неотложная медицина» — 2 выпуска в год (900 руб. в год)
- ☐ «Медицинский алфавит». Серия «Диагностика и онкотерапия» — 4 выпуска в год (1 800 руб. в год)
- ☐ «Медицинский алфавит». Серия «Современная поликлиника» — 2 выпуска в год (900 руб. в год)
- ☐ «Медицинский алфавит». Серия «Кардиология» — 4 выпуска в год (1 800 руб. в год)
- ☐ «Медицинский алфавит». Серия «Практическая гастроэнтерология» — 4 выпуска в год (1 800 руб. в год)
- ☐ «Медицинский алфавит». Серия «Неврология и психиатрия» — 4 выпуска в год (1 800 руб. в год)
- ☐ «Медицинский алфавит». Серия «Современная гинекология» — 4 выпуска в год (1 800 руб. в год)
- ☐ «Медицинский алфавит». Серия «Современная функциональная диагностика» — 4 выпуска в год (1 800 руб. в год)
- ☐ «Медицинский алфавит». Серия «Артериальная гипертензия» — 2 выпуска в год (800 руб. в год)
- ☐ «Медицинский алфавит». Серия «Дерматология» — 2 выпуска в год (900 руб. в год)
- ☐ «Медицинский алфавит». Серия «Ревматология в общей врачебной практике» — 2 выпуска в год (900 руб. в год)
- ☐ Спецвыпуск: «Эндокринология»
- ☐ Спецвыпуск: «Урология»

Наш индекс в каталоге
«РОСПЕЧАТЬ» 36228

Извещение	ООО «Альфмед»
	(наименование получателя платежа) 7716213348
	(ИНН получателя платежа) Рс № 40702810738090108773
	(номер счета получателя платежа) ПАО «СБЕРБАНК РОССИИ» г. МОСКВА
Кассир	(наименование банка и банковские реквизиты) К/с 30101810400000000225 БИК 044525225
	Годовая подписка на журнал «Медицинский алфавит. _____» на 2021 год
	(наименование платежа) Дата _____ Сумма платежа _____
	Платательщик (подпись) _____ Адрес доставки: _____
Квитанция	ООО «Альфмед»
	(наименование получателя платежа) 7716213348
	(ИНН получателя платежа) Рс № 40702810738090108773
	(номер счета получателя платежа) ПАО «СБЕРБАНК РОССИИ» г. МОСКВА
Кассир	(наименование банка и банковские реквизиты) К/с 30101810400000000225 БИК 044525225
	Годовая подписка на журнал «Медицинский алфавит. _____» на 2021 год
	(наименование платежа) Дата _____ Сумма платежа _____
	Платательщик (подпись) _____ Адрес доставки: _____

Как подписаться

- Заполнить прилагаемый бланк-заказ и квитанцию об оплате. Оплатить квитанцию в любом отделении Сбербанка у кассира с получением кассового чека. Журналы высылаются по указанному в квитанции или бланке адресу. Отправить бланк-заказ и скан квитанции с кассовым чеком, выданным кассиром банка на e-mail: medalfavit_pr@bk.ru, или podpiska.ma@mail.ru. Оплата через банки-онлайн издательством временно не принимается и будет возвращена на ваш счет.
- На сайте <http://medalfavit.ru/podpiska-na-zhurnaly/> в разделе Издательство медицинской литературы.

КОМПЬЮТЕРНЫЙ ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАФ **EASY ECG** — ВАШ КЛЮЧ К МИРУ СОВРЕМЕННЫХ МЕДИЦИНСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ!

ОТ МОБИЛЬНОГО ЭКГ РЕГИСТРАТОРА НА ПЛАНШЕТЕ ДО СТАЦИОНАРНОГО АППАРАТА.
ВОЗМОЖНО ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВАШЕГО КОМПЬЮТЕРА ИЛИ ПЛАНШЕТА



- Все возможности классического электрокардиографа
- Автоматическое заключение
- Печать на обычной бумаге A4
- Передача результата врачу на e-mail в формате PDF
- Передача цифровой ЭКГ на кардиоцентр для получения врачебного заключения
- Все электрокардиографы **Easy ECG** соответствуют современным стандартам ТЕЛЕМЕДИЦИНЫ



ТЕЛЕМЕДИЦИНСКАЯ СИСТЕМА **EASY ECG**: ЗАПИСЬ ЭКГ — ТАМ, ГДЕ ПАЦИЕНТ, АНАЛИЗ ЭКГ — ТАМ, ГДЕ ВРАЧ

ТЕЛЕМЕДИЦИНСКАЯ СИСТЕМА **EASY ECG** ПОЗВОЛЯЕТ:

- Оперативно снимать ЭКГ в стационаре и на выезде
- В кратчайшие сроки получать результаты расшифровки ЭКГ, независимо от того, где находятся пациент и кардиолог
- Уменьшить бумагооборот
- Работать в интеграции с медицинскими информационными системами
- Для частной клиники — сэкономить на штатном кардиологе



EASY ECG — БЫСТРОТА, ЭКОНОМИЯ, МОБИЛЬНОСТЬ



Узнайте
больше:
schiller.ru

Система регистрации ЭКГ и АД по Холтеру SCHILLER:

Система SCHILLER medilog, разработанная в тесном сотрудничестве с ведущими мировыми специалистами в области кардиологии, гарантирует непревзойденную точность и открывает новые возможности анализа ЭКГ и АД по Холтеру.

