

Е. В. ЗАСИМ, В. В. СТРОГИЙ, В. В. ДМИТРАЧКОВ

**ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ
ИССЛЕДОВАНИЯ В ДЕТСКОЙ
КАРДИОЛОГИИ**

Минск БГМУ 2021

МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
КАФЕДРА ПРОПЕДЕВТИКИ ДЕТСКИХ БОЛЕЗНЕЙ

Е. В. Засим, В. В. Строгий, В. В. Дмитрачков

ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ В ДЕТСКОЙ КАРДИОЛОГИИ

Учебно-методическое пособие



Минск БГМУ 2021

УДК 616.12-053.2-072(075.8)
ББК 57.33я73
3-36

Рекомендовано Научно-методическим советом университета в качестве учебно-методического пособия 23.12.2020 г., протокол № 14

Рецензенты: д-р мед. наук, доц., зав. каф. неонатологии и медицинской генетики Белорусской медицинской академии последипломного образования Ю. А. Устинович; канд. мед. наук, доц. 1-й каф. детских болезней Белорусского государственного медицинского университета А. М. Чичко

Засим, Е. В.

3-36 Инструментальные методы исследования в детской кардиологии : учебно-методическое пособие / Е. В. Засим, В. В. Строгий, В. В. Дмитрачков. – Минск : БГМУ, 2021. – 24 с.

ISBN 978-985-21-0810-2.

Отражен уровень развития современных инструментальных методов исследования в кардиологии детского возраста. Представлено описание и примеры использования томографических и интервенционных методов исследования, сцинтиграфии миокарда.

Предназначено для студентов педиатрического и лечебного факультетов.

УДК 616.12-053.2-072(075.8)
ББК 57.33я73

ISBN 978-985-21-0810-2

© Засим Е. В., Строгий В. В., Дмитрачков В. В., 2021
© УО «Белорусский государственный медицинский университет», 2021

ВВЕДЕНИЕ

Современная медицина отличается различными достижениями в сфере инструментальной диагностики. Особенно заметен этот факт в области выявления и последующего лечения сердечно-сосудистых заболеваний. Это обусловлено широким внедрением в практику методов малоинвазивной и «гибридной» хирургии, вспомогательных методов кровообращения, лазера, клеточных технологий. На сегодняшнем этапе развития технологий особый акцент ставится на лучевые методы диагностики, такие как: компьютерная томография, магнитно-резонансная томография и, наконец, позитронно-эмиссионная томография, а в недалеком будущем — их сочетанное одновременное использование в виде «гибридной» технологии, которая позволяет объективно отражать состояние перфузии и метаболизма миокарда при предварительном выявлении анатомических отклонений или патологического синдрома, диагностики состояния гибернированного (нефункционирующего, но жизнеспособного) миокарда.

КОМПЬЮТЕРНАЯ ТОМОГРАФИЯ

Компьютерная томография (КТ), появившаяся в лучевой диагностике в 70-е гг. и достигшая широкого внедрения в практику в 80–90-е гг. XX в., сегодня стала неотъемлемой составляющей диагностического процесса на различных этапах оказания медицинской помощи. КТ представляет собой вид рентгенологического исследования, которое проводится путем измерения ослабления или затухания рентгеновского излучения разных по плотности тканей. При этом источник излучения и принимающее устройство (детектор) жестко связаны, а их ротационное движение происходит одновременно с испусканием и регистрацией рентгеновского излучения. Итогом такого исследования являются, как правило, поперечные срезы изучаемой области, расположенные перпендикулярно к телу пациента. Современные КТ-сканеры излучают и собирают изображения с 1400 положений системы детектор–трубка на окружности 360°. При традиционной КТ серию одинаковых пространственно расположенных изображений определенной части тела получают в результате пошагового продвижения стола с обязательной короткой паузой после каждого среза. При спиральной КТ происходит непрерывное продвижение стола с пациентом и сбор данных исследований на фоне винтовой траектории, описываемой рентгеновской трубкой. Этот вариант исследования является предпочтительным, т. к. нивелируются помехи, произвольные движения пациента и артефакты, связанные с его дыханием. Спиральная КТ пациента позволяет выявить патологические образования,

размеры которых меньше, чем толщина среза. Для дальнейшей визуализации применяют различные варианты трехмерной реконструкции полученного изображения.

Перед каждым КТ-исследованием необходимо собрать полный анамнез, важна информация о предыдущих хирургических вмешательствах, рентгенологических исследованиях. В истории болезни должна быть четко определена цель применения КТ. Особое внимание уделяется оценке состояния выделительной функции почек, функции щитовидной железы, побочным реакциям на контрастные вещества, если таковые применяются для исследования.

При КТ исследовании определяются размерные и объемные параметры сердечных камер (рис. 1). На фоне контрастирования становятся видны тромбы и образования в полостях сердца или аневризматические выпячивания. Хорошо визуализируется жидкость в полости перикарда, причем ее можно дифференцировать (кровь, выпот), а также признаки фиброза или обызвествления. Применение спиральной КТ в сочетании с контрастированием и одновременной регистрацией ЭКГ позволяет эффективно и без артефактов визуализировать крупные торакальные сосуды. Сегодня в детской кардиологии этот метод лучевого исследования применяется в предоперационном периоде для уточнения диагноза, локализации порока сосудов и его вида, иногда заменяет обычную ангиографию.

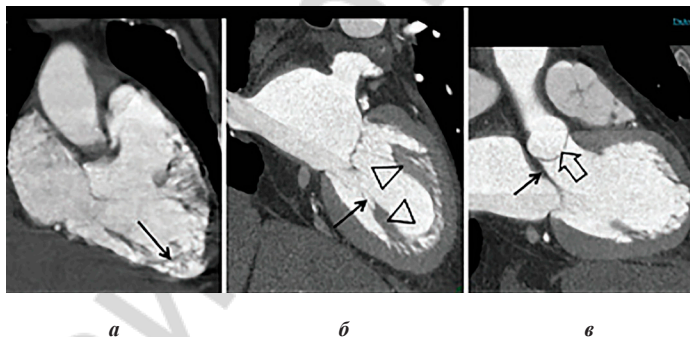


Рис. 1. Коронарная КТ:

а — коронарная КТ, демонстрирующая трабекулярность в полости правого желудочка и модераторный пучок (стрелка); *б* — исследование ЛЖ по длинной оси демонстрирует папиллярные мышцы (треугольники), хорды (стрелка), митральный клапан и полость ЛЖ; *в* — трехкамерная КТ показывает митральный (стрелка), аортальный клапан (треугольники) и выводной отдел левого желудочка. Заимствовано у Venkatraman Bhat et al., 2016

Достоинством спиральной КТ является возможность видеть не только просвет сосуда, но и его стенки, окружающие ткани. Прежде всего это относится к таким крупным сосудам, как аорта, легочная артерия. Среди взрослых

пациентов компьютерная томография применяется для исследования коронарных сосудов. Использование КТ-исследования в детской кардиологии ограничено, более широко применяется магнитно-резонансная томография (МРТ).

МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНАЯ ТОМОГРАФИЯ СЕРДЦА И КОРОНАРНЫХ СОСУДОВ

МРТ сердца и сосудов — один из наиболее информативных методов диагностики. Процедура безболезненна и безопасна, помогает определить точные данные о состоянии структурных элементов органа и окружающих тканей. Основа данного метода — явление ядерно-магнитного резонанса. Для получения сигнала от обследуемой области ее облучают сильным постоянным магнитным полем и кратковременным импульсом высокой частоты, энергия которого поглощается протонами, переходящими на более высокий уровень, и затем излучается в виде электромагнитных волн. В последующем эти волны улавливаются детектором и путем математической обработки (преобразование Фурье) получают четкие изображения. МРТ сердца выполняется на мощном МР-томографе с индукцией магнитного поля 1,0–1,5 Тл.

Достоинствами этого исследования являются:

- неинвазивность — возможность получения точных данных без хирургического и прочего внешнего воздействия;
- возможность визуализации сердца в различных плоскостях методом компьютерной обработки полученной информации;
- одновременный анализ движущейся крови с оценкой скорости и прочих функциональных особенностей;
- получение снимков высокой контрастности и четкости.

Показания к проведению процедуры:

- врожденные сердечные пороки (аномальное отхождение магистральных артерий, дефекты перегородок и пр.);
- дисфункция сердечно-сосудистой системы (показано обследование с контрастом);
- подозрение на тромбоз, новообразования в сердце и близлежащих тканях;
- образования перикарда;
- прогрессирование экссудативного перикарда;
- проверка сократительных способностей сердца в период и после перенесенного кардита;
- подготовительный этап перед хирургическим вмешательством в локальной области;
- постоперационный контроль;

- кардиомиопатия, определение стадии развития болезни;
- заболевания магистральной сосудистой сети или коронарных сосудов;
- контроль состояния легочных сосудов.

Обычно обследование переносится пациентами хорошо, оно не вызывает побочных реакций. МРТ сердца и коронарных сосудов назначается пациентам разных возрастных категорий (обычно начиная с 5 лет), которые способны на протяжении исследования соблюдать неподвижность. Однако имеется ряд факторов, которые могут снизить качество результата диагностики и способны навредить пациенту. Существует две группы противопоказаний к проведению процедуры. К первой группе противопоказаний относятся абсолютные ограничения к проведению МРТ:

- клаустрофобия;
- расстройства неврологического характера;
- тяжелое состояние пациента, как результат течения болезни;
- сердечная недостаточность;
- наличие на теле пациента татуировок, содержащих «металлический» краситель;
- беременность (1-й триместр).

Ко второй группе противопоказаний относятся условные (относительные) ограничения. Это значит, что при соблюдении врачебных рекомендаций диагностика при их обнаружении вполне возможна. В этом списке:

- присутствие в организме пациента металлических элементов (скобы, имплантаты, штифты, клипсы, пирсинговые серьги, осколки, пули и пр.) и электронных устройств медицинского назначения (кардиостимулятор и др.);
- наличие у пациента в анамнезе аллергической реакция на контрастное вещество (при проведении подробного МРТ-обследования);
- лишний вес пациента (более 120 кг). В этом случае прибегают к использованию специального оборудования;
- проведение МРТ после шунтирования. Разрешается спустя 1,5 месяца, в ином случае исследование оно противопоказано.

МРТ сердца и сосудов не предусматривает проведения специальных подготовительных мероприятий. Учитывая применение контрастных препаратов у детей, страдающих заболеваниями почек и печени, требуется предварительная оценка их функции.

Непосредственно перед МРТ-сканированием необходимо избавиться от металлических предметов (украшения, очки, часы и пр.). Пациенту следует воздержаться от еды и напитков за 6–8 часов до процедуры.

В некоторых случаях перед томографией специалист назначает пациенту седативные препараты.

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНОЙ ТОМОГРАФИИ

Пациента укладывают на стол-транспортер МРТ-капсулы на спину. К его грудной клетке прикрепляют специальные электроды, при необходимости в локтевую или подключичную вену устанавливают внутривенный катетер для введения контрастного вещества. Процедура требует полной неподвижности пациента, поэтому конечности и грудная клетка человека фиксируются специальными креплениями.

Процедура совершенно безболезненна и безопасна. Однако обследуются обычно люди с очень серьезными диагнозами, и излишнее волнение до и во время исследования может вызвать ухудшение их состояния. В этом случае пациент всегда может сообщить о своем самочувствии доктору, используя встроенную в МРТ-сканер систему двусторонней связи.

Длительность МРТ сердца зависит от сложности обследования и может составлять от 10 минут до 1 часа.

МРТ проводится по следующему плану:

1. Перед входом в диагностический кабинет пациент убеждается в отсутствие металлических элементов на теле.

2. Пациент переодевается в одноразовую одежду и укладывается на стол томографа.

3. В целях обеспечения неподвижности обследуемого его голову и конечности закрепляют специальными ремнями.

4. Подвижный стол вместе с пациентом перемещается внутрь оборудования — магнитного цилиндра.

5. Кольцо томографа начинает движение, аппарат шумит (при необходимости пациенту выдают наушники или беруши).

6. Время исследования — 30–60 минут (зависит от типа сканирования).

7. По окончании МРТ-диагностики стол выдвигается, пациента освобождают от креплений, он переодевается и покидает кабинет.

8. В процессе исследования пациент не испытывает дискомфорта, сохраняет полную неподвижность.

9. При ухудшении самочувствия пациента внутри томографа, последний может связаться со специалистом с помощью установленного внутри томографа микрофона.

Во время исследования применяются разные режимы МР-томографа (рис. 2):

– спиновое эхо — применяется для изучения сердечных камер и крупных сосудов;

– градиентное эхо — используется для оценки состояния клапанов, желудочков и коронарных сосудов;

- фазово-контрастное МРТ — применяется для измерения скорости кровотока;
- МРТ с контрастированием — позволяет выявлять риск инфаркта миокарда или оценивать объем постинфарктных изменений;
- МР-ангиография — используется для создания 3D-визуализации сердца и оценки степени поражения крупных сосудов (рис. 3);
- кино-МРТ — применяется для соединения всех фаз сердечного цикла в одну картину в режиме видео.

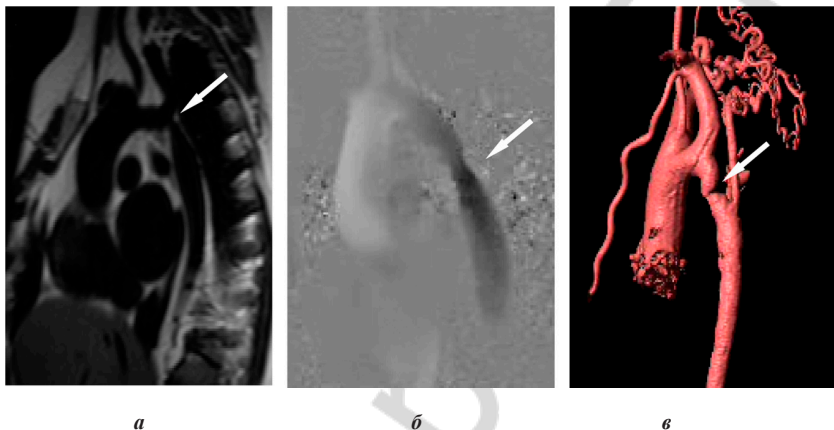


Рис. 2. МРТ изображение коарктации аорты у трех пациентов:
а — сагиттальное изображение с турбо-спиновым эхом перешейка аорты (стрелка).
б — изображения карты скоростей дистальной умеренной коарктации (стрелка).
в — объемная 3D-реконструкция данных МР-ангиографии с контрастированием и усилением у пациента с выраженной коарктацией (стрелка) и множественным сосудистыми коллатеральями (заимствовано из Rajesh Puranik et al., 2010)

При диагностике поражения более мелких артерий получить достоверный результат методом традиционной МРТ невозможно. Для изучения заболеваний подобного типа необходимо использование контрастного препарата. МРТ сердца с контрастированием назначается с целью получения точного изображения всех структур внутри органа. Вещество окрашивает и визуализирует сосуды. Гадолиниевый контраст вводят внутривенно перед тем, как поместить пациента в томограф. После этого проводится серия снимков на протяжении от 10 до 12 циклов сердечных сокращений. Аппарат позволяет визуализировать поврежденные волокна миокарда, т. к. в них поступает большое количество контраста. Таким образом происходит определение инфаркта.

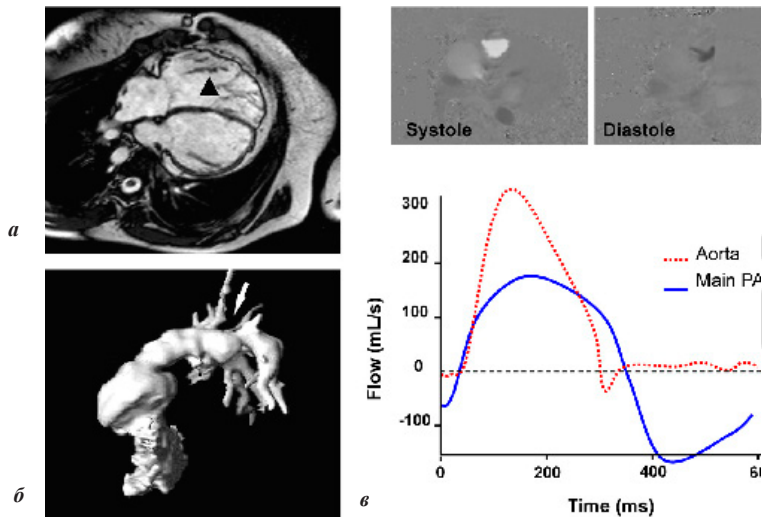


Рис. 3. МР-ангиография:

a — четырехкамерное изображение в режиме SSFP, показывающее дилатацию правого желудочка (треугольник) у пациента с тетрадой Фалло; *б* — объемная 3D-реконструкция по МР-ангиограмме с гадолиниевым усилением, демонстрирующая стеноз легочной артерии (стрелка); *в* — магнитно-резонансные фазово-контрастные изображения потока через ствол легочной артерии (РА): систолический (показан белым) и диастолический (показано черным цветом) потоки. Поток затем наносится на график в зависимости от времени для аорты и ствола легочной артерии, демонстрируя обеднение кровотока в легочной артерии (регургитирующая фракция = 30 %) (заимствовано из Rajesh Puranik et al., 2010)

МРТ сосудов сердца с использованием гадолиния назначается при пороках сердца, коронарном спазме, воспалении и кардиомиопатии. Посредством данной методики можно определить состояние легочных артерий.

При расшифровке снимков внимание уделяется форме, структуре, размерным характеристикам органа, оценке функциональности сердечных камер, мышцы. Определяется характер кровотока и состояние камер сердца.

Преимущества магнитно-резонансной томографии:

- помогает диагностировать мельчайшие патологические процессы в начальной стадии их развития;
- исключает лучевую нагрузку на организм пациента;
- контрастный компонент, применяемый при МРТ, редко вызывает аллергическую реакцию (в отличие от йодсодержащих препаратов);
- отсутствие болезненных ощущений.

Магнито-резонансная томография выявляет:

- аневризму аорты;
- расслаивающуюся аневризму аорты;
- атеросклероз аорты;
- аортит;
- ишемическую болезнь сердца;
- кардиомиопатию;
- перикардит;
- врожденное отсутствие перикарда;
- тромбоэмболию легочной артерии;
- тромбы сердца;
- опухоли сердца.

СЦИНТИГРАФИЯ МИОКАРДА

Среди многочисленных методов обследования пациентов с сердечно-сосудистыми заболеваниями особое место занимает радионуклидное исследование перфузии миокарда левого желудочка сердца — сцинтиграфия миокарда (СГМ). Она позволяет выявить нарушения перфузии миокарда на ранней стадии заболевания, оценить тяжесть патологического процесса у пациентов, перенесших поражения миокарда, и определить тактику ведения пациента. Принцип СГМ заключается в том, что радиофармпрепарат (РФП), тропный к жизнеспособному миокарду, посредством перфузии накапливается в нем пропорционально объему коронарного кровотока. Основными РФП для СГМ являются изотопы таллия или технеция ($^{201}\text{TlCl}$, $^{99\text{m}}\text{Tc-MIBI}$ или $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -тетрафосмин). Все РФП для СГМ вводят внутривенно. Индикаторная доза $^{99\text{m}}\text{Tc-MIBI}$ и $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -тетрафосмина составляет 740–1110 МБк (оптимальные сцинтиграфические изображения миокарда ЛЖ получают через 30–90 минут после введения препаратов). Данный метод в педиатрической кардиологии имеет ограниченное применение, обусловленное анатомо-физиологическими особенностями кровоснабжения детского миокарда. В некоторых случаях в качестве метода дифференциальной диагностики поражения миокарда (воспалительное или ишемическое повреждение), когда иные методы не информативны, может быть использована СГМ.

Перфузионная сцинтиграфия — специфический метод диагностики ишемических повреждений сердца, проводится с использованием радиоактивного таллия. За полчаса до начала исследования пациента внутривенно вводится РФП. Пациент во время обследования лежит на томографическом столе с запрокинутыми за голову руками для снижения вероятности появления артефактов на снимках. Затем гамма-камера сканирует миокард, улавливая радиоизлучение и преобразуя его в серию снимков.

Сцинтиграфия длится от 2 до 4 часов. За это время проводится обследование сердца в покое. При чтении результатов сцинтиграфии определяют: интенсивность коронарного кровообращения; степень недостаточности кровоснабжения; локализацию некротизированных зон (рис. 4, 5). Также по результатам исследования просчитывается вероятность развития возможных осложнений, планируется программа консервативного лечения или определяется метод хирургического вмешательства. Сцинтиграфия не информативна при оценке размеров сердца и состояния коронарных сосудов. Т. е. этот метод не позволит определить локализацию и степень сужения сосудов.



Рис. 4. ЭКГ Артема Г., 16 лет. Поступил в стационар с жалобами на боли в области сердца, рвоту, боли в эпигастрии на протяжении 5 дней. Госпитализирован с диагнозом инфаркт миокарда

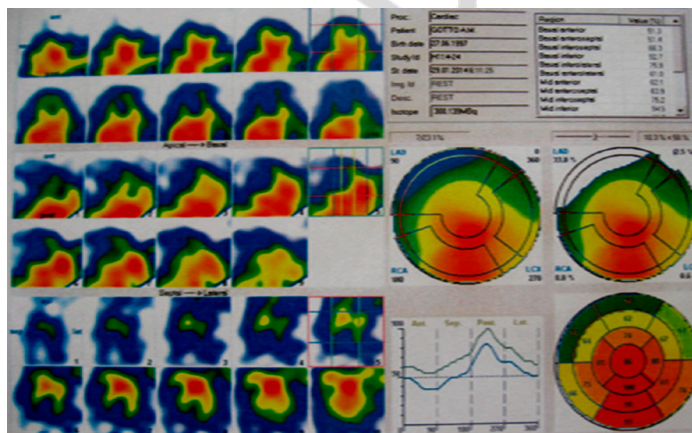


Рис. 5. Сцинтиграфия миокарда Артема Г., 16 лет. Аккумуляция РФП в миокарде неравномерная. Перфузия медиально-базального отдела передней стенки миокарда левого желудочка имеет признаки умеренно-выраженной ишемии. Общая гипоперфузия миокарда 10,3 %. Зоны ишемии имеют тенденцию к распространению. Не исключена возможность гибернированного миокарда

При исследовании получают три скintiграфических изображения сердца (передняя прямая проекция, левая передняя косая под углом 30–45° и левая косая проекция под углом 70°).

Особенности оценки скintiграфических изображений сердца

Результаты СГМ оценивают при помощи следующего алгоритма:

1. Визуальная оценка ОФЭКТ изображений миокарда ЛЖ по трем осям сердца. Начинают оценку с короткой оси от верхушки сердца к основанию. При этом короткая ось разделяется на реконструктивные изображения по трем группам: апикальные, медиальные и базальные срезы. После оценки всех срезов по короткой оси, верхушку и базальные сегменты оценивают на продольных срезах длинной вертикальной (от перегородки к боковой стенке) и длинной горизонтальной (от нижней стенки к передней) оси. Зоны гипоперфузии миокарда выглядят как дефекты накопления РФП. Дефекты могут быть преходящими и постоянными.

Дефект — это локализованная зона миокарда со сниженным поглощением РФП. Дефекты отличаются по своей активности (от умеренно сниженного до полного отсутствия накопления). Постоянный дефект не изменяется в зависимости от состояния организма (покой, стресс). Такой дефект указывает на наличие инфаркта миокарда или постинфарктной рубцовой ткани. Преходящий дефект — зона гипоперфузии миокарда, которая присутствует на первичных изображениях при стрессе и отсутствует в состоянии покоя или на отсроченных изображениях. При Gated SPECT выполняют визуальную оценку сокращений ЛЖ сердца в систолу и диастолу, что позволяет характеризовать участки нормокинезии, гипокинезии и акинезии.

2. Количественный компьютерный анализ проводят для оценки разницы накопления РФП в разных участках миокарда. Количественный анализ поглощения РФП в миокарде показывает, что оно не гомогенное. В норме допускается отклонение в фиксации РФП в различных зонах до 20 %.

Количественный подход к оценке наличия и тяжести дефектов перфузии миокарда включает деление миокарда на 17 или 20 сегментов и процент включения РФП в каждый сегмент.

Оценка проводится по четырехбалльной шкале:

- 0 баллов — нормальная перфузия (уровень накопления РФП выше 75 % от максимального накопления);
- 1 балл — умеренное снижение перфузии (51–74 %);
- 2 балла — значительное снижение перфузии (30–50 %);
- 3 балла — выраженное снижение перфузии (менее 30 %).

Бальная система обеспечивает воспроизводимую полуколичественную оценку тяжести и протяженности дефекта.

Очень важно при интерпретации результатов СГМ обращать внимание на локализацию дефекта перфузии по отношению к соответственным стенкам ЛЖ: нижней, боковой, передней и перегородке. Количественно дефекты перфузии описывают как небольшие (5–10 % миокарда ЛЖ), средние (15–20 % миокарда ЛЖ) и большие (более 20 % миокарда ЛЖ). Также важно при интерпретации результатов СГМ определить локализацию дефекта перфузии по отношению к зонам кровоснабжения соответствующей венечной артерии. Количество жизнеспособного миокарда оценивают по его сегментам. Оценка по сегментам состоит в статистической регистрации двух зон: всего миокарда ЛЖ (100 %) и зоны с хорошей фиксацией РФП. Жизнеспособными считают сегменты миокарда ЛЖ с уровнем фиксации РФП 45–50 % и выше.

ПОЗИТРОННО-ЭМИССИОННАЯ ТОМОГРАФИЯ

Отличительной особенностью методов ядерной диагностики, к которым относится позитронно-эмиссионная томография (ПЭТ), является возможность оценки процессов в органах и тканях на молекулярном уровне. Для этого в качестве меток используются радиоактивные препараты, испускающие позитроны, и последующая регистрация на томографе гамма-излучения, соответствующего распаду изотопа (метки). Используются короткоживущие (до 2 часов) изотопы. История становления данного метода берет свое начало с 60-х годов XX века. В 1999 г. данный метод стал применяться в Западной Европе и США на государственном уровне для диагностики заболеваний сердца, онкопатологии и заболеваний нервной системы.

В педиатрической практике имеется ряд ограничений для использования ПЭТ из-за воздействия гамма-излучения на организм ребенка. В связи с этим в педиатрической практике используются только короткоживущие и быстро распадающиеся изотопы. Из других ограничений применения ПЭТ следует отметить низкое пространственное разрешение метода, что сопровождается трудностями в оценке структур сердца и, соответственно, анатомической верификации врожденных пороков сердца. На сегодня в зарубежной детской кардиологии ПЭТ используется лишь для количественной оценки патофизиологических последствий врожденной патологии на молекулярном уровне. И, прежде всего, это относится к оценке перфузии миокарда и его отдельных структур у детей после хирургической коррекции врожденных пороков сердца, после перенесенного коронарита (болезнь Кавасаки), у детей с аномальным отхождением левой коронарной артерии от легочной артерии (синдром Бланда–Уайта–Гарланда).

ЭЛЕКТРОФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ СЕРДЦА. ЧРЕСПИЩЕВОДНАЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ СТИМУЛЯЦИЯ СЕРДЦА

Электрокардиография является старым, надежным и доступным методом электрофизиологического исследования проводящей системы сердца. «Второе дыхание» данный метод обрел на рубеже 60–70 гг. XX века, когда появилась возможность клинического применения **электрофизиологического исследования сердца (ЭФИ)**, что открыло новые возможности для диагностики аритмий, понимания их механизма, возможности контроля во время лечения. ЭФИ на современном уровне является «золотым стандартом» в диагностике большинства аритмий сердца и позволяет установить причинно-следственные отношения аритмии с симптоматикой, установить механизм аритмии, определить топически локализацию аритмогенной зоны или критического участка поддержания аритмии и с помощью катетерных методов эффективно и безопасно ее устранить. Одним из вариантов ЭФИ является **чреспищеводная электрическая стимуляция сердца (ЧПЭС)** — неинвазивный метод исследования, который используется для изучения характера и электрофизиологических механизмов нарушений ритма сердца, купирования пароксизмальных наджелудочковых тахикардий, а также для диагностики скрытой коронарной недостаточности у больных ИБС. По сути, метод ЧПЭС представляет собой неинвазивную альтернативу внутрисердечному ЭФИ. Анатомическая близость пищевода и левого предсердия позволяет осуществлять программированную электрическую стимуляцию предсердий с помощью электрода, располагающегося в пищеводе.

Сущность метода заключается в регулируемом увеличении числа сердечных сокращений (ЧСС) путем навязывания искусственного ритма электрической стимуляцией предсердий. Для этого используется гибкий bipolarный электрод-катетер, который вводится через нос или рот в пищевод на глубину примерно 45 см и устанавливается на уровне предсердий. Электрод позволяет регистрировать внутрипищеводную ЭКГ, поэтому при его установке ориентируются на появление максимальной амплитуды зубца Р пищевой ЭКГ.

После установления электрода и стабилизации ритма определяют исходную ЧСС. Затем проводят стимуляцию с частотой на 10–20 имп./мин превышающую собственную в течении 30 с. Для возбуждения предсердий используют силу тока 20–30 мА. При этом напряжение достигает 30–60 В. После достижения стабильного навязывания искусственного ритма приступают к проведению ЧПЭС по определенной программе в зависимости от решаемых задач. Выделяют *орторитмическую* (следование импульсов через парные промежутки времени), *парную* и *программируемую* кардиостимуля-

цию. Затем выключают кардиостимулятор и определяют *время восстановления функции синусового узла* (время между последним стимулированным импульсом и первым возбуждением предсердий синусового происхождения). В среднем в норме это значение составляет от 800 мс у детей 5–7 лет до 1000 мс у подростков.

Оценку функционального состояния предсердно-желудочковой проводящей системы сердца с помощью ЧПЭС проводят с определением *точки Венкебаха*, представляющей собой значение минимальной навязанной частоты ритма, при котором нарушается проведение в соотношении 1 : 1 по атриоventрикулярному соединению. В основе данного электрофизиологического явления лежит свойство АВ соединения ухудшать проведение импульса в плоть до развития АВ блокады II степени с периодами Самойлова–Венкебаха при увеличении стимулированной частоты импульсов. В норме данная величина у детей 5–7 лет составляет около 225 имп./мин, у подростков — до 300 имп./мин.

При увеличении частоты стимуляции может произойти прекращение проведения импульса на желудочки. Замеряют максимальное время между базовым и тестирующим импульсами при котором произошло прекращение проведения импульса. Данный параметр представляет собой эффективный рефрактерный период АВ-соединения, определяемый при программированной ЧПЭС. В норме его величина у детей зависит от возраста и составляет в среднем от 240 до 300 мс.

Программированная электрическая стимуляция сердца является важнейшим этапом проведения внутрисердечного ЭФИ. Нанося по специальной программе серию экстрасимулов, приходящихся на различные участки сердечного цикла, а также меняя частоту навязанного ритма и место стимуляции, определяют продолжительность рефрактерных периодов отдельных участков проводящей системы сердца как в антеградном, так и в ретроградном направлении. У пациентов с пароксизмальными тахиаритмиями добиваются воспроизведения приступа аритмии, что позволяет по способу индукции и купирования аритмии составить наиболее полное суждение об основных механизмах ее возникновения и, соответственно, об оптимальных способах лечения аритмии, в т. ч. хирургических.

С помощью методики программированной ЧПЭС у пациентов с нарушениями сердечного ритма решаются следующие задачи:

1. Оценка функционального состояния СА-узла и АВ-проведения.
2. Диагностика дополнительных (аномальных) путей АВ-проведения.
3. Определение характера и электрофизиологических механизмов наджелудочковых тахикардий.
4. Оценка эффективности антиаритмического лечения.
5. Купирование пароксизмальных наджелудочковых тахиаритмий.

Наиболее важной задачей ЧПЭС является обследование пациентов с приступами учащенного сердцебиения, выявления анатомического субстрата тахикардии, предвозбуждения желудочков при функционировании дополнительных проводящих путей между предсердиями и желудочками.

Вместе с тем, неинвазивная методика ЧПЭС не дает возможности проводить точную топическую диагностику АВ блокад, как это позволяет сделать внутрисердечное ЭФИ (электрография пучка Гиса). Кроме того, ЧПЭС не пригодна для диагностики и лечения желудочковых нарушений ритма.

Для проведения внутрисердечного ЭФИ пунктируют основную вену плеча, подключичную или бедренную вену. Чаще используют последний доступ. В правые отделы сердца под рентгеновским контролем вводят один или несколько электродов-катетеров. Их количество зависит от конкретной программы ЭФИ. Обычно один трехполюсный электрод-катетер устанавливают на уровне медиальной створки трехстворчатого клапана, что позволяет зарегистрировать три основных элемента электрограммы пучка Гиса (рис. 6):

- электрическую активность нижнего отдела ПП (LRA);
- потенциал пучка Гиса (H-потенциал);
- возбуждение желудочков (V-потенциалы).

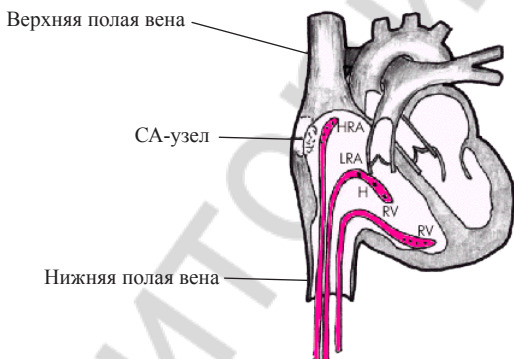


Рис. 6. Один из вариантов расположения электродов-катетеров при проведении внутрисердечного ЭФИ. Не показан катетер, находящийся в коронарном синусе. HRA — регистрация электрической активности верхних отделов ПП; LRA — нижних отделов ПП; H — пучка Гиса; RV — ПЖ

Второй четырехполюсный электрод-катетер устанавливают в высоком боковом отделе ПП, близко от расположения СА-узла. Этот электрод используют для программируемой стимуляции ПП, а также для регистрации электрограммы верхних отделов ПП (HRA).

Третий четырехполюсный электрод помещают в полость ПЖ. Он используется для программируемой стимуляции ПЖ, а также для регистрации электрограммы ПЖ.

Наконец, четвертый электрод-катетер проводят через правую подключичную вену в ПП, а затем — в устье коронарного синуса. Регистрируют электрограмму коронарного синуса, отражающую электрическую активность ЛП.

Описанное расположение электродов-катетеров может быть использовано для записи эндокардиальных электрограмм, в частности, для записи ЭГ пучка Гиса, различных отделов предсердий и правого желудочка.

На рис. 7 представлено соответствие осцилляций электрограммы проведению импульса по проводящей системе сердца в норме. Электрограмма состоит из трех групп осцилляций, каждая из которых соответствует активации определенного отдела проводящей системы:

- группа осцилляций А, отражающих деполяризацию нижней части предсердий;
- группа осцилляций Н, обусловленных активацией общего ствола пучка Гиса;
- группа осцилляций V, вызванных деполяризацией миокарда желудочков.

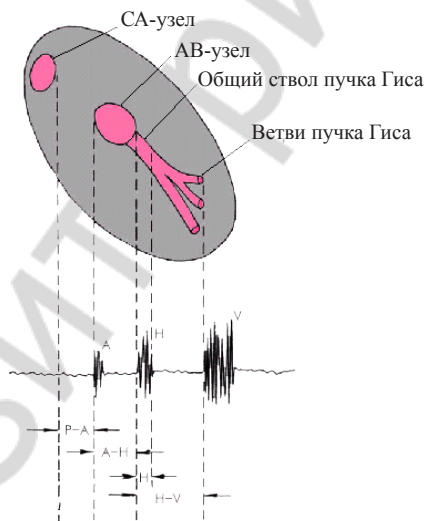


Рис. 7. Соответствие осцилляций электрограммы пучка Гиса проведению возбуждения по предсердиям, АВ-соединению, пучку Гиса, его ветвям и волокнам Пуркинье

Сопоставление электрограммы пучка Гиса с зубцом Р стандартной ЭКГ позволяет количественно оценить ряд временных интервалов.

Интервал Р–А (от начала зубца Р ЭКГ до начала группы осцилляций А) отражает время проведения электрического импульса по предсердиям.

Интервал А–Н (от начала осцилляций А до начала осцилляций Н) соответствует времени проведения по АВ-соединению.

Интервал Н (продолжительность осцилляций группы Н) отражает время проведения по общему стволу пучка Гиса.

Интервал Н–V (от начала осцилляций Н до первых отклонений желудочкового комплекса) соответствует проведению импульса по пучку Гиса, его ветвям и волокнам Пуркинье.

ЭНДОКАРДИАЛЬНОЕ И ЭПИКАРДИАЛЬНОЕ (ИНТРАОПЕРАЦИОННОЕ) КАРТИРОВАНИЕ

Эндокардиальное и эпикардиальное (интраоперационное) картирование являются этапами внутрисердечного ЭФИ. Оно проводится с целью определения локализации областей, требующих хирургической деструкции, и чаще всего используется у пациентов с синдромом WPW для определения точного местоположения дополнительных (аномальных) путей АВ-проведения.

Картирование включает в себя анализ электрической активности большинства анатомических мест сердца для определения критической области происхождения и поддержания аритмии (рис. 8). Методику интраоперационного картирования описал J. Gal-lagher (1981) в ранних работах, посвященных хирургическому лечению аритмий. При контакте картирующего электрода с тканью записывается локальная электрограмма. В самой простой форме картирование последовательности активации возможно провести с помощью одного биполярного картирующего электрода, перемещаемого рукой хирурга по всей поверхности сердца, локальная активность с которого записывается на бумаге или в памяти компьютера. Времена локальной активации отмечаются на заранее подготовленных схемах-картах для различных камер и поверхностей сердца. На этих схемах обязательно отмечаются участки-маркеры (устья коронарного синуса и полых вен, ушко левого и правого предсердия, фиброзные кольца клапанов сердца, крупные коронарные сосуды и их ветви и т. д.). Время активации каждой локальной электрограммы далее сравнивается со временем активации «нулевой», или референтной, точки (за «нулевую» точку можно принять начало QRS-комплекса при картировании желудочковых нарушений ритма или начало Р-волны для предсердных нару-

шений; также можно установить дополнительный электрод, время активации которого является «нулевым» по отношению к активации предсердий или желудочков). После получения данных об электрической активации сердца строятся изохронные (временные) карты. Точки миокарда, которые активируются одновременно, соединяются между собой, образуя изохронные линии равной временной активации (как горизонтали на географических картах). На основании построенных изохронных карт определяются зоны наиболее ранней активации миокарда, зоны замедленного проведения в области скученности изохрон и т. д., в которых хирургом производится воздействие (разрез, криодеструкция или радиочастотное воздействие).

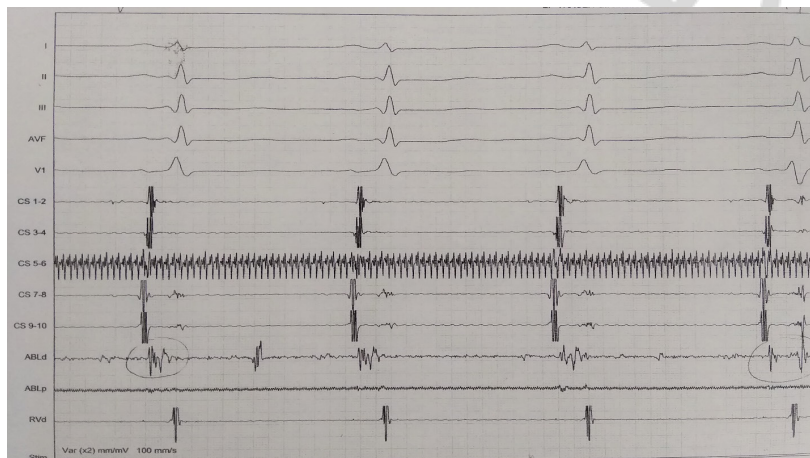


Рис. 8. Результаты эндокардиального картирования (ЭФИ) реб. Матвей, 9 лет. Диагноз: манифестный синдром WPW с приступами реципрокной ортодромной атриовентрикулярной тахикардии

По вышеописанному принципу возможно картирование эндокардиальной и эпикардиальной поверхности сердца как открытым, так и закрытым способом. Эпикардиальная поверхность сердца достигается открытым способом после торакотомии и вскрытия полости перикарда, или чрескожным способом через венозную систему коронарного синуса (тонкие электроды устанавливаются в вены сердца), или через пункцию перикарда. Эпикардиальное картирование закрытым способом используется редко, но оно эффективно при эпикардиально расположенных дополнительных проводящих путях и очагах желудочковой тахикардии. Эндокардиальное картирование аритмий осуществляется с помощью множества диагностических электродов, прове-

денных в различные камеры сердца во время рутинного ЭФИ сердца (рис. 9); также возможно проведение ЭФИ и на открытом сердце с помощью специальных электродов.

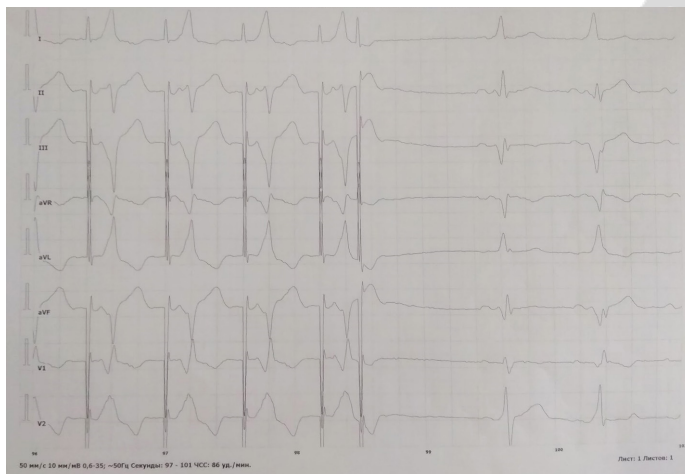
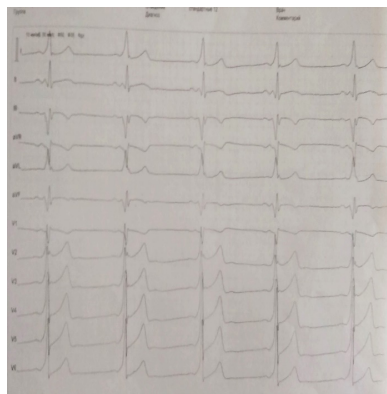


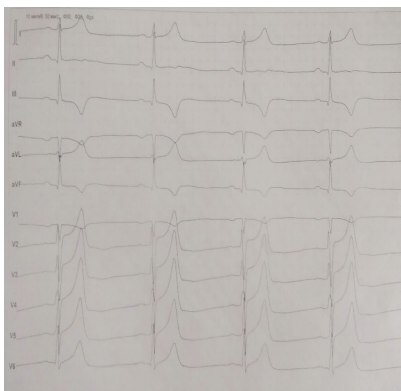
Рис. 9. Чреспищеводное ЭФИ. Реб. Олег, 17 лет. Исходно — синусовый ритм с признаками предвозбуждения желудочков с ЧСС около 70 в мин. При вдохе зарегистрировано изменение ширины комплекса и смена направления главных зубцов по отношению к исходным

Следует учитывать, что успех и точность картирования зависят от стабильности очага тахикардии, близости его к картируемой поверхности, качества получения и обработки сигналов. При обнаружении «широкой» зоны, ответственной за тахикардию, многие хирурги прибегают к температурному картированию «сомнительных» участков (ice mapping, или картирование криовоздействием). Во время операции на открытом сердце предполагаемая ранняя зона возбуждения через наконечник криодеструктора начинает охлаждаться, и если тахикардия прекращается, то воздействие продолжается при достаточной для создания необходимого объема повреждения температуре в течение 1–2 мин, если же тахикардия не прекращается, то криовоздействие проводится в следующей «сомнительной зоне».

Этот же опыт переняли и электрофизиологи, выполняющие радиочастотную абляцию аритмий — в предполагаемой наиболее ранней точке подается радиочастотная энергия, и если происходит быстрый набор температуры выше 50°, но тахикардия не прекращается на 5–7-й с, то воздействие прекращается и картирование продолжается (рис. 10)



1



2

Рис. 10. ЭКГ пациента Олега Г., 17 лет до проведения РЧА (1) и после процедуры РЧА (2)

Использование вышеописанных инструментальных методов исследования расширяет диагностические и лечебные возможности аритмологии детского возраста, ранней диагностики воспалительных и невоспалительных поражений миокарда, способствует уточнению анатомических нарушений сердца и сосудов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Телен, Манфред*. Лучевые методы диагностики болезней сердца / Манфред Телен [и др.] ; пер. с нем. ; под общ. ред. В. Е. Синицина. Москва : МЕДпресс-информ, 2011. 401 с.
2. *Штаац, Гундула*. Лучевая диагностика. Детские болезни / Гундула Штаац, [и др.] ; пер. с англ. ; под общ. ред. Т. А. Ахадова. Москва : МЕДпресс-информ, 2010. 400 с.
3. *Компьютерная томография*. Базовое руководство. 3-е издание, перераб. и доп. Москва : Медицинская литература, 2011. 232 с.
4. *Indications for cardiovascular magnetic resonance in children with congenital and acquired heart disease: an expert consensus paper of the Imaging Working Group of the AEP and the Cardiovascular Magnetic Resonance Section of the EACVIE / Valsangiacomo Buechel R. [et al.] // European Heart Journal. Cardiovascular Imaging. 2015. Vol. 16. P. 281–297.*
5. *Illustrated Imaging Essay on Congenital Heart Diseases: Multimodality Approach Part I: Clinical Perspective, Anatomy and Imaging Techniques / Venkatraman Bhat [et al.] // Journal of Clinical and Diagnostic Research. 2016. Vol. 10, N 5. P. 1–6.*
6. *Guidelines and protocols for cardiovascular magnetic resonance in children and adults with congenital heart disease: SCMR expert consensus group on congenital heart disease. / Fratz S., Taylor Chung, Gerald F Greil // Journal of Cardiovascular Magnetic Resonance. 2013. Vol. 15. N 51. P. 1–26.*
7. *Congenital Heart Disease and Multi-modality Imaging. Rajesh Puranik, Vivek Muthurangu, David S. Celermajer . Heart, Lung and Circulation. 2010. Vol. 19. P. 133–144.*

ОГЛАВЛЕНИЕ

| | |
|---|----|
| Введение | 3 |
| Компьютерная томография | 3 |
| Магнитно-резонансная томография сердца и коронарных сосудов..... | 5 |
| Методика проведения магнитно-резонансной томографии | 7 |
| Сцинтиграфия миокарда | 10 |
| Особенности оценки сцинтиграфических изображений сердца | 12 |
| Позитронно-эмиссионная томография | 13 |
| Электрофизиологического исследования сердца. Чреспищеводная электрическая стимуляция сердца..... | 14 |
| Эндокардиальное и эпикардиальное (интраоперационное) картирование..... | 18 |
| Список использованной литературы..... | 22 |

Учебное издание

Засим Елена Владимировна
Строгий Владимир Владимирович
Дмитрачков Вячеслав Вячеславович

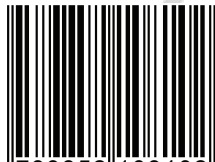
ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ В ДЕТСКОЙ КАРДИОЛОГИИ

Учебно-методическое пособие

Ответственный за выпуск В. В. Строгий
Редактор И. А. Соловьёва
Компьютерная вёрстка А. В. Янушкевич

Подписано в печать 20.05.21. Формат 60×84/16. Бумага писчая «Хероx office».
Ризография. Гарнитура «Times».
Усл. печ. л. 1,39. Уч.-изд. л. 1,15. Тираж 70 экз. Заказ 195.
Издатель и полиграфическое исполнение: учреждение образования
«Белорусский государственный медицинский университет».
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий № 1/187 от 18.02.2014.
Ул. Ленинградская, 6, 220006, Минск.

ISBN 978-985-21-0810-2



9 789852 108102