

ISSN 2311-4495
ISSN 2410-5155 (Online)
УДК 616.12-006-073.75

ЛУЧЕВАЯ ДИАГНОСТИКА ОПУХОЛЕЙ СЕРДЦА

Ю. В. Конради, Д. В. Рыжкова

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

Контактная информация:

Конради Юрий Вадимович,
ФГБУ «СЗФМИЦ им. В. А. Алмазова»
Минздрава России, ул. Аккуратова, д. 2,
Санкт-Петербург, Россия, 197341.
E-mail: yuri.konrady@gmail.com

*Статья поступила в редакцию
07.07.15 и принята к печати 23.07.16.*

Резюме

Настоящая статья представляет собой обзор литературы за последние 10 лет и посвящена анализу диагностической эффективности современных методов визуализации в определении опухолей сердца. Подробно изложена лучевая семиотика доброкачественных и злокачественных новообразований. Систематизированы сведения о информативности компьютерной и магнитно-резонансной томографий, продемонстрированы диагностические возможности позитронной эмиссионной томографии при первичных и вторичных кардиальных опухолях.

Ключевые слова: опухоли сердца, компьютерная томография, магнитно-резонансная томография, позитронная эмиссионная томография

Для цитирования: Конради Ю. В., Рыжкова Д. В. Лучевая диагностика опухолей сердца. Трансляционная медицина. 2015;2(4):28–40.

CARDIAC TUMORS IMAGING

Y. V. Konradi, D. V. Ryzhkova

Federal Almazov North-West Medical Research Centre,
St Petersburg, Russia

Corresponding author:

Yuri V. Konradi,
Federal Almazov North-West Medical
Research Centre, 2 Akkuratova street,
St Petersburg, Russia, 197341.
E-mail: yuri.konrady@gmail.com

*Received 07 July 2015;
accepted 23 July 2015.*

Abstract

This article is a systematic review of the 10 years that is dedicated to the analysis of the diagnostic efficiency of imaging techniques for detection of cardiac tumors. The main features of both benign and malignant neoplasms of the heart are precisely described in the article. Moreover, it is demonstrated sensitivity, specificity and accuracy of computed tomography, magnetic resonance imaging and positron emission tomography in diagnosis of primary and metastatic cardiac tumors.

Key words: cardiac tumors, computed tomography, magnetic resonance

For citation: Konradi YV, Ryzhkova DV. Cardiac tumors imaging. Translational Medicine. 2015;2(4):28–40.

Эпидемиология

Опухоли сердца относятся к редкой группе заболеваний, которые встречаются с частотой 0,002–0,3 % по данным аутопсии и 0,15 % по результатам эхокардиографии. При этом, первичные опухоли наблюдаются в 20–30 раз реже, чем метастатическое поражение сердечной мышцы и перикарда [1,2].

На основании результатов гистологических исследований большинство первичных опухолей сердца (75 %) имеет доброкачественную природу, и лишь в 25 % случаев устанавливают морфологические признаки злокачественной неоплазии [3,4]. Среди первичных доброкачественных опухолей с наибольшей частотой встречается миксома (75 %), на втором месте — фиброэластома, доля которой в структуре первичных доброкачественных новообразований составляет 8 %. У детей наиболее распространенной доброкачественной опухолью миокарда является рабдомиома (5 %) [4, 5].

Злокачественные новообразования сердца в большинстве случаев, являются метастазами опухолей различных локализаций (меланома, рак почки, рак молочной железы и пр.), среди пациентов с подтвержденным диагнозом злокачественной опухоли, вторичное поражение сердечной мышцы и перикарда может наблюдаться в 9–10 % случаев

[6,7]. Первичные злокачественные опухоли сердца чаще представлены ангиосаркомой (35 %), недифференцированной саркомой (до 20 %) и рабдомиосаркомой (5 %) [5].

Классификация

По морфологическому строению первичные опухоли сердца классифицируют на доброкачественные и злокачественные (табл. 1) [8].

Источником метастазирования в сердце могут являться злокачественные опухоли различной локализации, за исключением опухолей центральной нервной системы. Наиболее часто в сердце метастазируют меланома, рак легкого, рак молочной железы, рак пищевода, экстракардиальная лимфома и пр. [9,10]. Основными путями метастазирования являются гематогенный и лимфогенный, однако при первичной локализации злокачественной опухоли в грудной клетке может наблюдаться прямая метастатическая инвазия и внутрисполостная диффузия через верхнюю полую вену или легочные вены. Перикардальные метастазы как правило возникают в результате прямой инвазии опухолей средостения, либо лимфогенного распространения. Метастазы в эпикард почти всегда являются результатом лимфогенного распространения через трахеальные или

Таблица 1

МОРФОЛОГИЧЕСКАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ ДОБРОКАЧЕСТВЕННЫХ И ЗЛОКАЧЕСТВЕННЫХ ОПУХОЛЕЙ СЕРДЦА [8]

Доброкачественные	Злокачественные
Рабдомиома	Ангиосаркома
Гистиоцитоидная кардиомиопатия	Эпителиоидная гемангиоэндотелиома
Гамартома из зрелых кардиомиоцитов	Злокачественная плеоморфная фиброзная гистиоцитома
Клеточная рабдомиома взрослых	Фибросаркома и миксоидная фибросаркома
Миксома сердца	Рабдомиосаркома
Папиллярная фиброэластома	Лейомиосаркома
Гемангиома	Синовиальная саркома
Фиброма сердца	Липосаркома
Опухоль воспалительных миофибробластов	Лимфома сердца
Липома	Метастазы различных опухолей в сердце
Кистозная опухоль атриоventрикулярного узла	

бронхомедиастинальные лимфатические сосуды. Эндокардиальные метастазы обычно являются гематогенными [11].

Учитывая что первичные злокачественные опухоли сердца являются чрезвычайно редкой патологией, отдельной классификации по степени злокачественности для них не разработано, поэтому широко используется классификация ВОЗ для опухолей мягких тканей и костей, в соответствии с которой выделяется 3 степени злокачественности: низкая, средняя и высокая. Степень злокачественности присваивается на основании оценки уровня дифференцировки опухоли, подсчета митозов а также степени некроза опухоли [8].

Клинические проявления

Клиническая картина при новообразованиях сердца обусловлена локализацией опухоли, ее размерами, глубиной инвазии в сердечную мышцу, прорастанием в перикард, органы средостения и легкие, наличием отдаленных метастазов. Нарушение кровотока через камеры сердца или клапаны сердца за счет экзофитного роста вызывает симптомы сердечной недостаточности [12]. Инвазия опухоли в миокард приводит к снижению сократительной функции сердечной мышцы, нарушениям ритма и проводимости. При вовлечении в патологический процесс эпикарда и перикарда отмечается экссудативный перикардит с высоким риском развития тампонады сердца. Частым осложнением неоплазии сердца является системная эмболия, особенно при расположении опухоли в левом предсердии или на аортальном клапане. Отмечено, что у пациентов с малыми размерами новообразования (менее 13,3 куб. см), минимальной клинической симптоматикой и при отсутствии митральной регургитации риск развития эмболии наиболее высок [13]. При больших размерах новообразования может наблюдаться его инвазия в легкое, что влечет за собой появление клинико-рентгенологических симптомов, имитирующих рак легкого [14].

Левое предсердие — излюбленная локализация доброкачественной миксомы, тем не менее, и другие доброкачественные, а также злокачественные опухоли могут исходить из левого предсердия и имитировать миксомы [15]. Этот факт должен учитываться в дифференциальной диагностике и выборе тактики лечения. Опухоли левого предсердия, как правило, имеют экзофитную форму роста и вызывают симптомы митрального стеноза при пролабировании опухоли в отверстие клапана или митральной недостаточности при вовлечении в патологический процесс клапанных структур.

Также опухоли левого предсердия могут вызывать симптомы сердечной недостаточности и/или вторичной легочной гипертензии. Основными клиническими симптомами заболевания являются одышка, ортопноэ, отек легких, кашель, кровохарканье, отеки и усталость. Симптомы могут усиливаться при определенном положении тела в результате движения опухоли в пределах предсердия. При аускультации может выслушиваться характерный «хлопок» в начале диастолы.

Помимо нарушения внутрисердечной гемодинамики, особенно при злокачественных опухолях левого предсердия, клиническое течение заболевания может осложниться тромбоэмболиями, а также закупоркой сосудов большого круга кровообращения опухолевыми эмболами. В этом случае на первый план выходят симптомы ишемии пораженного органа.

При локализации новообразования в правом предсердии вероятно ожидать как миксому, так и саркому, в особенности, ангиосаркому. Экзофитный рост опухоли в просвет предсердия вызывает нарушения кровотока, характерные для стеноза трикуспидального клапана. Типичными симптомами является недостаточность правых отделов сердца — усталость, периферические отеки, гепатомегалия, асцит. При аускультации прослушивается диастолический шум, схожий с «хлопком» при неоплазиях левого предсердия. Осложнением может стать эмболия ветвей легочной артерии тромбами или фрагментами опухоли [16]. Повышение давления в правом предсердии способствовать забросу венозной крови в большой круг кровообращения, если сопутствующей патологией является врожденный порок сердца — дефект межпредсердной перегородки или незаращение овального окна. Это может привести к системной гипоксии или эмболии сосудов большого круга кровообращения [17,18].

Как правило, исходящие и желудочков опухоли, долго протекают бессимптомно. Интрамуральные эндофитные опухоли обоих желудочков могут проявляться аритмиями или нарушениями проводимости. К основным клиническим симптомам новообразований желудочков с экзофитным ростом следует отнести сердечную недостаточность. Иногда опухоли правого желудочка могут быть ошибочно приняты за стеноз легочной артерии, рестриктивную кардиомиопатию или трикуспидальную регургитацию. Экзофитные опухоли левого желудочка больших размеров вызывают нарушение оттока крови, имитируя клинику аортального стеноза, синкопальные состояния и левожелудочковую сердечную недостаточность.

Методы диагностики опухолей сердца

Эхокардиография

Эхокардиография — метод ультразвуковой диагностики, направленный на исследование морфологических и функциональных изменений сердца и его клапанного аппарата. Он основан на детекции отражённых от структур сердца ультразвуковых сигналов.

Эхокардиография в диагностике опухолей сердца является наиболее распространенным методом. Данная технология обладает высокой точностью в выявлении опухолей малого размера (< 1 см) а также опухолей клапанов сердца. Другим преимуществом эхокардиографии является возможность оценки скорости кровотока с помощью доплерографии, что позволяет определить наличие, степень и локализацию препятствий. Эхокардиография чаще используется как скрининговый метод диагностики новообразований сердца.

К недостаткам эхокардиографии можно отнести неоптимальное качество изображения, невозможность оценки распространения процесса за пределы средостения и относительно низкую контрастность мягких тканей по сравнению с магнитно-резонансной томографией, что ограничивает возможность обнаружения опухолевой инвазии в прилежащие структуры [19,20]. Эхокардиография позволяет определить размеры и точную локализацию образования, а также оценить функцию сердца и наличие выпота в полости перикарда.

Далее мы представляем более подробную эхокардиографическую характеристику различных гистологических типов опухолей [21–24]. *Миксома* имеет дольчатое или ворсинчатое строение, гиперэхогенную структуру, локализована на широком основании или на ножке, часто имеет на поверхности тромботические наложения. Если опухоль пролабирует через трикуспидальный или митральный клапан, это приводит к развитию регургитации или обструкции. Эхокардиографическая картина *липомы* представляет собой гиперэхогенное внутри- или околосердечное образование, подвижное или на широком основании. Пролабирование опухоли в просвете камер определяет функцию сердца и клапанов. *Фиброма* является изоэхогенным образованием расположенным интрамурально. Часто имеет большие размеры и может вызывать нарушение сократительной функции сердца. *Гемангиома* по данным эхокардиографии — это одиночное новообразование, имеющее экзофитную форму роста в полость камер сердца. Опухоль, как правило, дает гиперэхогенный сигнал.

Злокачественные новообразования сердца имеют неровную бугристую поверхность, дольчатую

структуру, нечеткость границ за счет инвазивного роста и, как правило, гиперэхогенный сигнал. Злокачественные опухоли часто сопровождаются перикардальным выпотом за счет прорастания опухоли в перикард. *Лимфома* отличается наибольшей вариабельностью ультразвуковой картины. Наиболее часто проявляется в виде ограниченного, бугристого образования в миокарде, часто с возникновением перикардита. Сердечные метастазы обычно выглядят как мобильные, акустически плотные образования, прикрепленные к эндотелию, хотя встречаются и изолированные интрамуральные новообразования.

Таким образом, эхокардиография позволяет определить размеры и точную локализацию образования, а также оценить функцию сердца и наличие выпота в полости перикарда.

Лучевая диагностика опухолей сердца

Рентгеновская компьютерная томография

По сравнению с эхокардиографией более точную диагностическую информацию о размерах, локализации, структуре, глубине инвазии в окружающие ткани и степени васкуляризации опухоли предоставляют методы анатомической визуализации — рентгеновская компьютерная томография и магнитно-резонансная томография. Компьютерная томография (КТ) позволяет получать рентгеновское изображение в 3-х проекциях. Современные КТ сканеры обладают высоким временным и пространственным разрешением, что позволяет выполнять дифференциальную диагностику различных типов опухолей.

Компьютерная томография может использоваться как самостоятельный метод исследования, так и в сочетании с эхокардиографией и МРТ [8]. Как правило, методика выполняется с контрастным усилением. Абсолютных противопоказаний к выполнению КТ не существует. К относительным противопоказаниям относят общее тяжелое состояние пациента, обуславливающее невозможность сохранения им неподвижности и задержки дыхания во время исследования, беременность, избыточный вес, превышающий максимально допустимую нагрузку на стол томографа и аллергические реакции на йодсодержащие контрастные вещества. Поэтому решение о проведении МСКТ сердца принимается на основании соотношения «риск\польза» в каждом индивидуальном случае.

Метод компьютерной томографии широко применяется в диагностике сердечно-сосудистых заболеваний, в том числе опухолей сердца. Важной задачей этой технологии является дифференциальная диагностика доброкачественных и злокачественных

новообразований. В настоящее время разработаны КТ-критерии злокачественности опухоли: ее размеры, бугристые контуры, наличие очагов некроза, динамика накопления контрастного вещества, инфильтрация опухолью близлежащих тканей, в том числе эпикарда, жидкость в полости перикарда, вовлечение в патологический процесс более чем одной камеры сердца. При наличии трех или более вышеуказанных критериев опухоль классифицируется как злокачественная. В работе Kambiz Rahbar с соавторами [25] были изучены показатели информативности каждого из вышеупомянутых критериев (табл. 2).

Магнитно-резонансная томография

Магнитно-резонансная томография (МРТ) — томографический метод исследования внутренних органов и тканей с использованием физического явления ядерного магнитного резонанса. Метод основан на измерении электромагнитного отклика атомных ядер, чаще всего ядер атомов водорода, а именно на возбуждении их определенной комбинацией электромагнитных волн в постоянном магнитном поле высокой напряженности. С помощью МРТ возможна оценка трехмерных изображений исследуемого органа, что крайне важно для точной локализации сердечных опухолей. Магнитно-резонансная томография с высокой точностью позволяет определять глубину инвазии опухоли в окружающие структуры за счет обеспечения высокой контрастности мягких тканей, оценивать нарушения внутрисердечного кровотока, такие как обструкцию выводящих путей или регургитацию потока крови [8].

Абсолютными противопоказаниями к применению МРТ являются наличие искусственных

постоянных или временных водителей ритма (кардиостимуляторов), а также других имплантантов, которые активируются электронным, магнитным или механическим путями. К относительным противопоказаниям относят клаустрофобию, тяжелое состояние пациента, требующее постоянное функционирование реанимационной аппаратуры, первый триместр беременности.

Выполнение МРТ сердца проводится только на высокопольных томографах с напряжением магнитного поля 1,5 или 3 Тесла. Исследование выполняют в режиме синхронизации с сердечным циклом, при этом чаще всего используют 2 типа импульсных последовательностей: импульсные последовательности с низким сигналом от крови («спин-эхо», «турбо-спин-эхо») — их обычно применяют для оценки анатомии сердечно-сосудистых структур; и последовательности, с помощью которых движущаяся кровь выглядит яркой (градиентные) — для получения МР-изображений в кино-режиме, демонстрирующих движение камер и клапанов сердца.

Визуализация исследуемых структур осуществляется по срезам, ориентированным по трем анатомическим осям сердца, чаще всего срезам по длинной и короткой осям ЛЖ или срезам с двойным наклоном. При введении парамагнитных средств возможна оценка перфузии опухоли и неповрежденного миокарда по методике первого прохождения болюса контрастного агента. На отсроченных МР-изображениях, которые получают через 15–20 минут после введения парамагнетика, выявляют участки кардиосклероза или некроза сердечной мышцы. Для количественной характеристики динамики контрастного усиления миокарда или прохождения болюса контрастного препарата через

Таблица 2

ДИАГНОСТИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ КОМПЬЮТЕРНО-ТОМОГРАФИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ [29]

Признак	Чувствительность	Специфичность	Прогностичность положительного результата	Прогностичность отрицательного результата
Захват контрастного вещества	100,00%	0,00%	71,00%	—
Инфильтрация окружающих тканей	76,00%	86,00%	93,00%	60,00%
Вовлечение в процесс эпикарда	65,00%	86,00%	92,00%	50,00%
Неровный край	82,00%	57,00%	82,00%	57,00%
Наличие некроза	12,00%	100,00%	100,00%	32,00%
Перикардиальный выпот	41,00%	86,00%	88,00%	38,00%
Вовлечение более 1 камеры	71,00%	86,00%	86,00%	50,00%
3 и более вышеуказанных признака	82,00%	86,00%	93,00%	67,00%
Данные о метаболизме	100,00%	86,00%	94,00%	100,00%

просвет кровеносного сосуда, выполняют построение графиков, на которых отражается изменение интенсивности сигнала внутри выбранной области интереса на протяжении времени исследования.

Далее в настоящем разделе мы приводим подробную лучевую семиотику наиболее распространенных доброкачественных и злокачественных новообразований сердца.

Миксома — доброкачественная опухоль сердца, встречается чаще у мужчин старше 30 лет. Размеры варьируют от 1 до 15 см. Обычно миксомы локализируются в области овальной ямки межпредсердной перегородки, однако могут располагаться в стенках предсердий и область атриовентрикулярных клапанов [21,26]. В зависимости от локализации опухоли возможны осложнения в виде системной или легочной эмболии. Большинство миксом спорадические, но при наличии множественных опухолей они могут быть частью синдрома, известного как триада Корнея. Этот аутосомный доминантный синдром проявляется в виде миксом сердца, различных пигментных образований кожи и внесердечных опухолей, таких как аденомы гипофиза, фиброаденомы молочной железы и меланотические шванномы. Пациенты с триадой Корнея обычно моложе пациентов со спорадическими миксомами сердца, кроме того у этих пациентов выше вероятность рецидива опухоли после ее хирургического удаления [27].

На компьютерных томограммах миксома имеет вид внутрисердечного, гетерогенного образования на ножке, как правило, имеющего дольчатую структуру с кистозными, некротическими или геморрагическими включениями. Также в структуре опухоли могут наблюдаться кальцификаты. При введении контрастного вещества отмечается повышение плотностных показателей, что свидетельствует о васкуляризации опухоли. Миксомы подвижны и часто пролабируют в соответствующий атриовентрикулярный клапан в диастолу, приводя к его обструкции.

На магнитно-резонансных томограммах миксома представлена гипо- или изоинтенсивным образованием округлой формы на T1-взвешенном изображении с ровными четкими контурами. На T2-взвешенном изображении миксома имеет гиперинтенсивный сигнал. Для диагностики миксом используется как последовательность «спин-эхо», так и кино-MPT, поскольку на изображениях, полученных по методике «спин-эхо», границы образований иногда выглядят нечеткими. В некоторых случаях, когда МР-картина подозрительна на внутрисердечный тромб, для установления точного диагноза возникает необходимость в про-

ведении исследования с контрастным усилением. В отличие от тромба, в миксоме после введения гадолинийсодержащего контрастного вещества отмечается значительное усиление интенсивности МР-сигнала от образования, что свидетельствует о его васкуляризации [28].

Липома и липоматозная гипертрофия внутренней стенки — две наиболее распространенных жиросодержащих доброкачественных опухоли сердца. Истинные сердечные липомы встречаются в молодом возрасте, имеют капсулу и содержат неопластические жировые клетки. Липомы составляют 8–12% всех первичных новообразований сердца. Примерно половина всех липом образуются в субэндокардиальном слое, другая — в субэпикардиальном или среднем миокардиальном слоях. При опухолях большого размера возникают симптомы нарушения гемодинамики. Липоматозная гипертрофия внутренней стенки часто встречается у пожилых пациентов либо пациентов с избыточным весом [29]. В отличие от истинных липом она не имеет капсулы и содержит липобласты и зрелые жировые клетки. Данная патология редко проявляется клинически, иногда может вызывать аритмии [23,30].

Опухоль хорошо визуализируется при компьютерной томографии как гомогенное новообразование, с плотность идентичной жировой ткани, что позволяет достаточно точно поставить диагноз. Кальцификаты в липоме не определяются, но могут выявляться участки кровоизлияний и некроза [8].

Липомы, как правило, имеют гомогенный сигнал на МРТ. Интенсивность сигнала такая же как у жировой ткани — высокая на T1-взвешенных и T2-взвешенных изображениях. Патогномичным признаком липомы является супрессия интенсивности сигнала при использовании последовательности подавления жировой ткани.

Фиброма — вторая по частоте врожденная опухоль, обычно выявляется у новорожденных и детей, редко у взрослых. В единичных случаях фибромы сердца ассоциированы с полипозными синдромами, такими как семейный аденоматозный полипоз и синдром Гарднера. Новообразование обычно располагаются в межжелудочковой перегородке и затрагивают левый желудочек чаще чем правый. Опухоли, ассоциированные с полипозным синдромом, чаще располагаются в предсердиях [31]. По морфологическому строению фибромы сердца сходны с фибромами других органов. Клинически проявляются сердечной недостаточностью, болью в грудной клетке, аритмиями и внезапной остановкой сердца. В связи с высоким риском внезапной смерти хирургическое лечение рекомендовано даже при бессимптомном течении фибромы [32].

На компьютерных томограммах фиброма представлена крупным одиночным образованием с интрамиокардиальным расположением. Опухоль имеет низкую денситометрическую плотность. В структуре опухоли присутствуют кальцинаты. Не характерны участки некроза и геморрагии [28].

При выполнении МРТ фиброма выглядит как гипоинтенсивное образование на T2-взвешенных изображениях и изо- или гиперинтенсивное на T1-взвешенных изображениях. Визуализация кальцинатов в опухолевой массе затруднена, что ограничивает диагностические возможности данного метода [32], поэтому в сомнительных случаях следует отдавать предпочтение КТ. Введение гадолинийсодержащего контрастного вещества не приводит к усилению сигнала в опухоли по сравнению с интактным миокардом, т. к. фибромы сердца являются слабо васкуляризованными новообразованиями. Методика МР-перфузии позволяет выявить центрально расположенный участок сниженного кровотока, возникающий в результате некротических изменений в ядре опухоли.

Папиллярная фиброэластома — доброкачественная опухоль, располагающаяся в эндокарде, в 80% случаев в области аортального и митрального клапанов. Гистологически представляет собой папиллярное разрастание, покрытое слоем гипертрофированного эндотелия. Строма состоит из центрального аморфного фиброзного ядра со слоем рыхлой соединительной ткани по периферии. Размер опухоли варьирует от 2 до 70 мм, средний диаметр — 10 мм [33]. В большинстве случаев заболевание протекает бессимптомно и диагностируется как случайная находка. Первым клиническим симптомом папиллярной фиброэластомы, как правило, является тромбоэмболия сосудов внутренних органов в связи с частым формированием тромбов на поверхности опухоли. Эхокардиографическая диагностика папиллярной фиброэластомы не вызывает затруднений, поэтому дополнительное исследование с применением методов лучевой визуализации требуется лишь в атипичных или сомнительных случаях. Хирургическое лечение рекомендовано при наличии клинических симптомов или локализации подвижной опухоли в левых отделах сердца [29].

На МРТ изображениях папиллярная фиброэластома обычно представлена как небольшое, круглое, гомогенное образование, иногда прикрепленное на тонкой ножке в области клапанов. Интенсивность сигнала средняя на T1-взвешенных изображениях и повышенная на T2-взвешенных. Методика подавления МР-сигнала от жировой ткани применяется для дифференциальной диа-

гностики фиброэластом и липом — первые не проявляются снижением сигнала. Липомы также редко локализируются в области клапанов. На кино-МРТ может визуализироваться высоко подвижное гипоинтенсивное образование с турбулентным потоком вокруг него [27].

Рабдомиома — является наиболее распространенной опухолью сердца у детей; обычно диагностируются у новорожденных. Типичная рабдомиома представлена единичными или множественными образованиями в миокарде желудочков. Рабдомиомы могут быть как спорадическими, так и ассоциированы с туберозным склерозом, особенно при наличии множественных опухолей. До 50% случаев туберозного склероза может проявляться данным видом опухоли. Большинство рабдомиом регрессируют спонтанно и хирургическое вмешательство требуется только в случае возникновения тяжелой аритмии или сердечной недостаточности [29, 34]. МРТ сердца применяется в атипичных случаях или если планируется хирургическое лечение. На МРТ рабдомиомы имеют однородную гомогенную структуру, гипоинтенсивны по сравнению с миокардом на T1-взвешенных и слегка гиперинтенсивны на T2-взвешенных изображениях. При введении гадолиния усиления не происходит, либо усиление незначительно.

Гемангиома — доброкачественная опухоль, встречается практически во всех возрастных группах. С наибольшей частотой гемангиомы определяются в боковой стенке левого желудочка, передней стенке правого желудочка и межжелудочковой перегородке. В 30% случаев встречаются множественные гемангиомы. С равной частотой наблюдается интрамуральный и внутрисполостной рост опухоли [28].

На компьютерных томограммах гемангиомы визуализируются как ограниченное гетерогенное образование низкой плотности. Учитывая высокую васкуляризацию гемангиомы, точный диагноз устанавливается при компьютерной томографии с контрастным усилением. При выполнении этой процедуры опухоль активно накапливает контрастное вещество: в артериальную фазу контрастирования — в виде лакунарного скопления по периферии образования; в венозную фазу — продолжает накапливать контрастное вещество от периферии к центру; в позднюю отсроченную фазу гемангиома становится гиперденсной по отношению к окружающим тканям. Аналогичный характер контрастного усиления опухоли наблюдается и при ангиосаркоме, но ограниченный, неинфильтративный характер роста новообразования чаще свидетельствует в пользу доброкачественного процесса.

На МР-томограммах гемангиома представлена как изо- или гиперинтенсивное образование на T1-взвешенном и гетерогенное гиперинтенсивное на T2-взвешенном изображении. При использовании контрастного вещества наблюдается резкое усиление сигнала в следствии высокой васкуляризации опухоли. Постконтрастные изображения могут иметь гетерогенную структуры из-за отложений кальция или фиброзных изменений в массе опухоли [37]. Разновидность гемангиом — кавернозные гемангиомы имеют крайне низкую скорость кровотока и могут не иметь усиления сигнала [27].

Ангиосаркома — наиболее распространенная первичная злокачественная опухоль сердца, чаще встречающаяся у пациентов 40–50 лет. В 80% случаев возникает вблизи правого предсердия и атриовентрикулярной борозды, но может встречаться и в левом предсердии, правом желудочке и перикарде. Опухоль часто инфильтрирует миокард и перикард, может расти единичными и множественными узлами [28]. Поэтому ангиосаркомы сердца подразделяют на два анатомических типа: первый тип — хорошо очерченное образование, выступающее в камеру сердца (обычно, правое предсердие) и не затрагивающее межпредсердную перегородку. Второй тип представляет собой диффузно-инфильтративное образование, прорастающее в полость правого желудочка и перикард, сопровождающееся геморрагическим перикардальным выпотом. Частыми клиническими симптомами опухоли являются сердечная недостаточность по большому кругу кровообращения или тампонада сердца. Прогноз неблагоприятный, т. к. на момент установления диагноза метастазы выявляются в 66–89% случаев [35].

При компьютерной томографии ангиосаркома определяется как гетерогенное узловое образование, которое, в большинстве случаев, расположено в правом предсердии. Опухоль имеет низкую денситометрическую плотность вследствие некроза, однако могут встречаться участки высокой плотности в местах кровоизлияний. Для ангиосаркомы характерна инфильтрация близлежащих сосудов и органов средостения [36]. Вследствие склонности ангиосарком к некрозу и кровоизлияниям они обычно имеют гетерогенную структуру и на магнитно-резонансных изображениях. На T1-взвешенных томограммах интенсивность сигнала от опухоли низкая, а на T2-взвешенных отмечается усиление и неоднородность сигнала: ангиосаркома имеет вид образования с гиперинтенсивными участками в центре, в местах кровоизлияний и некроза и умеренно интенсивными зонами по периферии образования [37]. Часто на магнитно-резонансных

изображениях выявляется инфильтрация перикарда, близлежащих сосудов и органов средостения. При введении контрастного вещества наблюдается усиление сигнала по ходу сосудов, что дает характерную картину «солнечных лучей» [8].

Наиболее частая злокачественная опухоль у детей и подростков — это *рабдомиосаркома*, которая может располагаться в любой камере сердца. В отличие от других сарком сердца эта неоплазия имеет эндофитный интрамуральный рост и поражает клапаны. Рабдомиосаркома чаще всего метастазирует в легкие, регионарные лимфатические узлы, головной мозг, органы желудочно-кишечного тракта, почки, надпочечники, щитовидную железу, яичники, кости и поджелудочную железу [28].

На компьютерных томограммах опухоль представлена гетерогенным образованием с некротическими участками, в некоторых случаях определяется инфильтрация перикарда, расположенных рядом новообразованием сосудов или органов средостения. На T1 и T2-взвешенных изображениях рабдомиосаркома выглядит как изоинтенсивное образование с неоднородной структурой. При введении контрастного вещества могут определяться зоны пониженного накопления контраста в центре опухоли вследствие некроза [37].

Лейомиосаркома чаще встречается у пациентов старше 40 лет. Составляет 8% от всех сарком сердца. Наиболее излюбленной локализацией неоплазии является задняя стенка левого предсердия, иногда наблюдается инвазия в легочные вены. В некоторых случаях может локализоваться в нижней полой вене, что приводит к симптомам правосторонней сердечной недостаточности [27,36].

Томографическая картина лейомиосаркомы неспецифична, опухоль представлена неподвижным одиночным или множественным новообразованием с неоднородной дольчатой структурой. При выполнении МРТ в характеризуется изоинтенсивным сигналом на T1-взвешенных и гиперинтенсивным сигналом на T2-взвешенных изображениях.

Фибросаркома — злокачественная опухоль, чаще наблюдается у пациентов в возрасте 40–55 лет. Локализуется в любой камере сердца, но чаще встречается в левом предсердии, при инфильтративном росте может распространяться на листки перикарда. Опухоль метастазирует редко, при этом метастазы наблюдаются в легких, почках, коже и лимфатических узлах [28].

На компьютерных томограммах фибросаркома представлена неоднородным образованием пониженной плотности, которое, в некоторых случаях, занимает весь объем пораженной камеры, характерны участки некроза [36].

На T1-взвешенных изображениях опухоль выглядит как изоинтенсивное гетерогенное образование, на T2-взвешенных изображениях определяется гиперинтенсивный сигнал. После введения контрастного вещества визуализируются участки пониженного накопления в центре новообразования за счет участков некроза [8].

Липосаркома сердца крайне редка и составляет меньше 1% сарком сердца. Может располагаться в любой камере сердца, распространяться на перикард и клапаны. На компьютерных томограммах образование имеет большие размеры, его структура неоднородна за счет участков некроза и кровоизлияний. Липосаркомы содержат малое количество жировой ткани и не похожи на доброкачественные липомы. Они выглядят как гетерогенные образования с высокой интенсивностью сигнала на T1-взвешенных изображениях, умеренно усиливающейся при введении гадолиний-содержащего контрастного вещества.

Сердечные остеосаркомы составляют 3–9% в структуре первичных злокачественных опухолей сердца. Часто вызывают явления легочного застоя, вследствие локализации в левом предсердии, что отличает их от метастазов остеосаркомы. Патогномичным признаком остеосаркомы являются крупные кальцинаты, которые содержатся в структуре опухоли. Поэтому при диагностике сердечной остеосаркомы следует отдавать предпочтение рентгеновской компьютерной томографии. К другим анатомическим признакам остеосаркомы относят ее расположение на широком основании и агрессивную инвазию в окружающие сосуды, например, легочные вены. При гистологическом исследовании данные опухоли могут иметь остеобластические, хондробластические и фибробластические признаки. Прогноз неблагоприятный при всех типах остеосарком [27].

Первичная лимфома сердца — это разновидность экстранодальной лимфомы с вовлечением в патологический процесс только сердца и/или перикарда. Встречается чаще у мужчин старше 60 лет. В большинстве случаев опухоль ассоциирована с состоянием иммунодефицита: у больных СПИДом или у лиц на фоне иммуносупрессивной терапии, особенно у пациентов, перенесших операцию трансплантации внутренних органов. В 80% случаев первичная лимфома сердца имеет иммуногистохимические признаки, характерные для диффузной В-клеточной крупноклеточной лимфомы. Первичная лимфома может быть расположена в любой камере сердца, но чаще определяется в правом предсердии. Большинство опухолей крупные, с диффузной инфильтрацией

правого желудочка либо имеют многоузловой тип роста [28].

Рентгенологические признаки первичной лимфомы сердца достаточно вариабельны: обычно опухоль проявляется в виде ограниченного, бугристого образования, исходящего из миокарда, иногда пролабирует в камеру сердца в виде узелков и полипов, часто сопровождается выпотом в полость перикарда. Плотность образования может быть ниже или равной мышечной ткани, при введении контрастного вещества, как правило, наблюдается усиление сигнала [8].

На МР-изображениях первичная лимфома представлена ограниченными очаговыми образованиями в миокарде. Опухоль имеет низкую интенсивность на T1-взвешенных изображениях и проявляется неоднородным и гиперинтенсивным сигналом на T2-взвешенных изображениях. После введения контрастного вещества лучевая картина весьма разнообразна и зависит от васкуляризации опухолевого узла. На МР-изображениях, выполненных после химиотерапии, могут выявляться обширные рубцовые изменения миокарда правого желудочка [37].

Метастазы злокачественных опухолей в сердце более распространены у пациентов старшего возраста, чем первичные опухоли сердца. В большинстве случаев протекают бессимптомно и диагностируются при аутопсии. Однако, иногда, сердечные метастазы являются первым клиническим проявлением злокачественного новообразования.

Перикардиальный выпот — наиболее частый признак метастатического поражения сердца, чаще всего лимфогенной природы или вследствие прямой инвазии первичной опухоли из окружающих тканей (легких, молочных желез, лимфатических узлов). Наиболее частым источником метастазов в сердце является рак легкого, молочной железы, почек и пищевода, а также лимфома и меланома [38].

Метастазы в миокард чаще ассоциированы с меланомой и лимфомой и, как правило, являются результатом гематогенного распространения. Почечноклеточная карцинома может метастазировать через нижнюю полую вену в правое предсердие. Закрытие легочной вены служит признаком интракардиального распространения бронхогенной карциномы. Поскольку метастатическое поражение обычно не ограничивается сердцем, наличие первичной опухоли и метастазов других локализаций служит подтверждением вторичной природы опухоли.

Большинство метастазов имеют низкую интенсивность сигнала на T1-взвешенных МР-изображениях по сравнению с миокардом и высокую интенсивность сигнала на T2-взвешенных изображениях. Исключение составляют метастазы

меланомы, которые имеют высокую интенсивность на T1-и T2-взвешенных изображениях из-за парамагнитного эффекта меланина. Почти все вторичные злокачественные новообразования имеют усиленный сигнал после введения гадолиния.

Позитронная эмиссионная томография

Позитронная эмиссионная томография (ПЭТ) — это радионуклидный томографический метод исследования внутренних органов, основанный на регистрации пары гамма-квантов, которая возникает при аннигиляции позитронов с электронами. Позитронное излучение характерно для неустойчивых ядер ультракороткоживущих изотопов (^{11}C , ^{13}N , ^{15}O , ^{18}F , ^{82}Rb), в которых количество протонов превышает количество нейтронов. При распаде ядер этих радионуклидов происходит излучение позитронов и их последующая аннигиляция при контакте с электронами с образованием пар энергетически равных (511 кэВ) противоположно направленных гамма-квантов. Система детекторов томографа позволяет регистрировать координаты источника излучения и получать томографическое изображение органов, являющихся биологической мишенью. Современные модели позитронных эмиссионных томографов имеют большое количество детекторов (384–512 на кольцо), которые создают пространственное разрешение 3–5 мм во всех направлениях.

Радиофармацевтические препараты (РФП) для ПЭТ являются естественными метаболитами или их аналогами, включение в их состав радионуклидов не меняет их биохимических свойств, что дает возможность корректно оценивать метаболические процессы в кардиомиоцитах.

Совмещенная позитронная эмиссионная и рентгеновская компьютерная томографии (ПЭТ/КТ) — является комбинированным методом визуализации, который сочетает в себе КТ и ПЭТ системы. Обследование пациента начинается с выполнения низкодозной компьютерной томографии, за которой следует этап позитронно-эмиссионного сканирования. С помощью компьютерных программ пост-процессинговой обработки, полученные КТ и ПЭТ изображения автоматически совмещаются. Это позволяет с высокой точностью оценить как анатомическую структуру новообразования, так и его метаболическую активность. Кроме того, ПЭТ/КТ представляет значимую диагностическую информацию при стадировании опухолевого процесса.

Поскольку доброкачественные новообразования, в большинстве случаев, могут быть подвергнуты радикальному хирургическому удалению, сведения о природе опухолевого процесса чрез-

вычайно важны при планировании объема оперативного вмешательства. Получение биопсийного материала из опухолей сердца на дооперационном этапе, как правило, сопряжено с техническими трудностями, поэтому ключевую роль в дифференциальной диагностике кардиальных неоплазий играют неинвазивные технологии лучевой визуализации. Компьютерная и магнитно-резонансная томографии позволяют обнаружить некоторые анатомические признаки, присущие злокачественным новообразованиям, однако точная диагностика с их помощью может быть реализована лишь на поздних стадиях опухолевого процесса. Принимая во внимание тот факт, что методы молекулярной визуализации позволяют оценить уровень метаболизма в опухолевых клетках, совмещенные технологии лучевой диагностики открывают широкие возможности изучения структурно-функционального состояния органов и тканей, при этом вносят существенный диагностический вклад в идентификацию злокачественных новообразований сердца.

Как следует из литературы, самым распространенным РФП для диагностики злокачественных новообразований сердца методом ПЭТ/КТ является меченная фтором-18 фтордезоксиглюкоза (^{18}F -ФДГ). В работе Kambiz Rahbar с соавторами (2012) были проанализированы результаты ранее опубликованных клинических случаев, в которых пациентам выполнялась ПЭТ/КТ с ^{18}F -ФДГ для дифференциальной диагностики опухолей сердца [25]. Авторы отметили высокий уровень аккумуляции РФП в первичных и метастатических злокачественных новообразованиях сердца (таб. 3). В этой же работе приведены результаты собственного исследования 24 пациентов с опухолями сердца, которые были диагностированы при первичном обращении. У четырех пациентов имелись анамнестические указания на успешно излеченные злокачественные опухоли других локализаций. У 7 пациентов с доброкачественными новообразованиями авторы наблюдали незначительное накопление ^{18}F -ФДГ ($\text{SUV}_{\text{max}} = 2,8 \pm 0,6$) в опухолевом очаге по сравнению с тканью миокарда. В первичных злокачественных опухолях накопление ^{18}F -ФДГ было в 2,5 раза выше, чем в доброкачественных новообразованиях, а уровень аккумуляции ^{18}F -ФДГ в сердечных метастазах был значительно выше, чем в доброкачественных опухолях и существенно не отличался от первичных злокачественных опухолей. У 2 из 9 пациентов с вторичным метастатическим поражением сердца с помощью ПЭТ/КТ были обнаружены ранее не диагностированные метастазы в кости и легкие. Для оценки оптимального порогового значения показателя метаболической активности опухоли (SUV

РЕЗУЛЬТАТЫ ПРИМЕНЕНИЯ ПЭТ/КТ С ¹⁸F-ФДГ
ДЛЯ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ ДИАГНОСТИКИ ОПУХОЛЕЙ СЕРДЦА

Исследование	Гистологические признаки		¹⁸ F-ФДГ	SUVmax
	Первичные злокачественные опухоли	Вторичное поражение		
Freudenberg et al.	Ангиосаркома		+	7,5
Hoffmeier et al.	Ангиосаркома		+	5,4
Hori et al.	Ангиосаркома		+	9,9
Zhang et al.	Липосаркома		+	5,6
Nakamura-Horigome et al.	Ангиосаркома		+	не оценивался
Higashiyama et al.	Ангиосаркома		+	5,6
Schnabel et al.		Метастаз	+	не оценивался
Plutchok et al.		Метастаз	+	не оценивался
Shimotsu et al.		Метастаз	+	7,9
Biancheri et al.		Метастаз	+	не оценивался
Nonaka et al.		Метастаз	+	не оценивался
Orcurto et al.		Метастаз	+	не оценивался
Wenning et al.		Метастаз	+	15,5

Примечание: ПЭТ/КТ — позитронная эмиссионная томография, совмещенная с компьютерной томографией; ¹⁸F-ФДГ — ¹⁸F-фтордезоксиглюкоза; SUVmax – standard uptake volume.

max), который бы позволил дифференцировать доброкачественную и злокачественную природу сердечных опухолей, авторами произведен статистический анализ ROC-кривых. В результате выполненного анализа было предложено два пороговых значения SUV max — 3,5 и 4,6. При пороговом значении SUV max = 3,5 чувствительность метода составила 100%, а специфичность — 86% (прогностическая ценность положительного результата — 94%, прогностическая ценность отрицательного результата — 100%). При пороговом значении SUV max = 4,6 чувствительность снижалась до 94%, а специфичность увеличивалась до 100% (прогностическая ценность положительного результата — 100%) [25].

Хорошо известно, что ПЭТ/КТ является высокоинформативной технологией визуализации в диагностике злокачественных лимфом, в том числе с поражением сердца. Mallia A. с соавторами (2009) продемонстрировали клинический случай распространенной неходжкинской диффузной В-клеточной крупноклеточной лимфомы с вовлечением в патологический процесс лимфатических узлов и экстранодальным поражением яичка, легких и миокарда правого предсердия [39]. В статье Окаюта S. с соавторами (2012) исследователи сообщают, что у пациента с неходжкинской В-клеточной лимфомой с помощью ПЭТ/КТ с ¹⁸F-ФДГ удалось доказать специфическое поражение правого предсердия с инвазией в трикуспидальный клапан и оценить распространенность опухолевого процесса на другие органы [40]. Shah K. с соавторами (2014) в сво-

ей работе приводят результаты ПЭТ/КТ с ¹⁸F-ФДГ у пациента с первичной лимфомой сердца в зоне трикуспидального клапана и межпредсердной перегородки, без признаков патологического захвата РФП в других областях. После химиотерапии при повторном ПЭТ/КТ исследовании участки патологической аккумуляции ¹⁸F-ФДГ авторами не обнаружены и был констатирован полный метаболический ответ опухоли на проведенное лечение [41].

Одно из явных преимуществ ПЭТ/КТ — возможность точного стадирования злокачественных опухолей различных локализаций. В многочисленных исследованиях убедительно доказано диагностическое преимущество ПЭТ/КТ в оценке метастатической диссеминации, в том числе идентификации сердечных метастазов. В работе Thosten R. C. Johnson с соавторами (2005) демонстрируется клинический случай метастатического рака молочной железы. При выполнении компьютерной томографии у пациентки обнаружено новообразование в правом предсердии полиповидной формы на ножке и была заподозрена миксома. Однако интенсивное накопление ¹⁸F-ФДГ в опухоли (SUV max = 9,2) свидетельствовало в пользу злокачественного процесса, который спустя некоторое время был подтвержден [42]. В статье Yarmohammadi H. с соавторами (2013) сообщается о позитивных результатах ПЭТ/КТ в диагностике метастазов рака щитовидной железы, в том числе в верхушечный отдел левого желудочка [43]. Puranik A. D. с соавторами (2014) приводят данные о четырех различных случаях метастазирования злокачественных новообразова-

ний языка и слизистой оболочки ротовой полости в сердце. На ПЭТ/КТ изображениях метастазы были представлены гиподенсными метаболически активными новообразованиями в миокарде [44]. В исследовании Demetrios A. с соавторами (2010) приводится описание ПЭТ/КТ картины поражения сердца метастазами меланомы и параганглиомы, при этом в обоих случаях авторами отмечена высокая равномерная аккумуляция ^{18}F -ФДГ в сердечных метастазах [45]. В работе Clare F. Suttie (2014) продемонстрирован клинический случай метастаза нейроэндокринной опухоли — карциномы клеток Меркеля в миокард. Сердечный метастаз был обнаружен через 11 мес после химиолучевого лечения первичной опухоли. С помощью ПЭТ/КТ с ^{18}F -ФДГ авторы доказали злокачественную природу новообразования сердца и дополнительно диагностировали метастаз в подмышечный лимфатический узел [46].

Справедливости ради необходимо отметить, что ряд авторов отрицают высокую специфичность ПЭТ/КТ с ^{18}F -ФДГ в дифференциальной диагностике доброкачественных и злокачественных опухолей сердца. Так, высокая аккумуляция РФП может наблюдаться в липомах вследствие наличия в ней бурого жира [47]. В работе Agostini с соавторами (1999) сообщается о ФДГ-позитивных результатах ПЭТ/КТ при доброкачественной миксеме [48]. Аналогичные данные получены Кос К. с соавторами (2014) у пациента с немелкоклеточным раком легкого, для оценки распространенности которого была назначена ПЭТ/КТ, и миксомой левого предсердия. В новообразовании левого предсердия, гетерогенном и гиподенсном по данным КТ, авторами статьи отмечено повышенное накопление ^{18}F -ФДГ ($\text{SUV}_{\text{max}}=4,3$). Образование левого предсердия было удалено хирургическим путем и диагноз миксомы установлен при гистологическом исследовании [49]. В работе Yukio Okazaki с соавторами (2014) повышенный уровень углеводного обмена в клетках миксомы объясняется высокой концентрацией в опухоли глюкозотранспортных белков подтипа GLUT-1, которая была установлена на основании иммуногистохимического анализа [50].

Обобщая вышесказанное, следует подчеркнуть, что внедрение в клиническую практику современных технологий лучевой визуализации открывает широкие перспективы раннего выявления первичных и вторичных опухолей сердца, дифференциальной диагностики доброкачественных и злокачественных новообразований неинвазивным путем, оценке распространенности опухолевого процесса и эффективности лечебных мероприятий.

Конфликт интересов / Conflict of interest

Авторы заявили об отсутствии потенциального конфликта интересов. / The authors declare no conflict of interest.

Список литературы / References

1. Sutsch G, Jenni R, von Segesser L et al. Heart tumors: incidence, distribution, diagnosis — exemplified by 20,305 echocardiographies [in German]. *Schweiz Med Wochenschr.* 1991;121:621–629.
2. Giușcă S, Jurcut R, Serban M et al. Cardiac tumors: the experience of a tertiary cardiology center. *Rom J Intern Med.* 2007;45(4):333–339.
3. Grebenc ML, Rosado-de-Christenson ML, Burke AP et al. Primary cardiac and pericardial neoplasms: Radiologic-pathologic correlation. *Radiographics.* 2000;20:1073–1103.
4. Paraskevaidis IA, Michalakeas CA, Papadopoulos CH et al. Cardiac Tumors. *ISRN Oncology.* 2011;2011:208929.
5. Manfred Schwab. *Encyclopedia of Cancer, Volume 1.* Springer Science & Business Media, Sep 23, 2011.
6. Butany J, Nair V, Naseemuddin A et al. Cardiac tumours: diagnosis and management. *Lancet Oncol.* 2005;6:219–228.
7. Yu K, Liu Y, Wang H et al. Epidemiological and pathological characteristics of cardiac tumors: a clinical study of 242 cases. *Interact Cardiovasc Thorac Surg.* 2007;6(5):636–639.
8. Pathology and Genetics of Tumours of the Lung, Pleura, Thymus and Heart (World Health Organization Classification of Tumours). Edited by William D. Travis, Elizabeth Brambilla, H. Konrad Müller-Hermelink, Curtis C. Harris. IARC Press, Lyon, 2004.
9. K. Reynen, U. Köckeritz, R. H. Strasser. Metastases to the heart. *Ann Oncol.* 2004;15(3):375–381.
10. Goldberg AD, Blankstein R, Padera RF. In-depth review of metastatic tumors to the heart. *Circulation.* 2013;128:1790–1794.
11. R Bussani, F De-Giorgio, A Abbate et al. Cardiac metastases. *J Clin Pathol.* 2007;60(1):27–34.
12. Vander Salm TJ. Unusual primary tumors of the heart. *Semin Thorac Cardiovasc Surg.* 2000;12:89.
13. Primary tumors of the heart. In: *Heart Disease, 6th, WB Saunders, 2001.*
14. Sheu CC, Lin SF, Chiu CC et al. Left atrial sarcoma mimicking obstructive pulmonary disease. *J Clin Oncol.* 2007;25:1277.
15. Kumar S, Chaudhry MA, Khan I et al. Metastatic left atrial synovial sarcoma mimicking a myxoma. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2004;128:756.
16. Kuon E, Kreplin M, Weiss W et al. The challenge presented by right atrial myxoma. *Herz.* 2004;29:702.
17. Savino JS, Weiss SJ. Images in clinical medicine. Right atrial tumor. *N Engl J Med.* 1995;333:1608.
18. Diaz Castro O, Bueno H, Nebreda LA. Acute myocardial infarction caused by paradoxical tumorous embolism as a manifestation of hepatocarcinoma. *Heart.* 2004;90: e29.
19. Di Liang C, Ko SF, Huang SC. Echocardiographic evaluation of cardiac rhabdomyoma in infants and children. *J Clin Ultrasound.* 2000;28(8):381–386.
20. Lepper W, Shivalkar B, Rinkevich D et al. Assessment of the vascularity of a left ventricular mass using myocardial contrast echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr.* 2002;15:1419–1422.
21. Ipek G et al. Surgical management of cardiac myxoma. *J Card Surg.* 2005;20: 300–304.
22. Araoz PA, Mulvagh SL, Tazelaar HD et al. CT and MR imaging of benign primary cardiac neoplasms with echocardiographic correlation. *Radiographics.* 2000;20:1303–1319.

23. Arnaiz GP, Toledo GI, Borzutzky SA. Cardiac tumors in children and adults: A Multicentric retrospective study. *Rev Med Chil.* 2006 Sep;134(9):1135–1145.
24. Marci M, Ziino O, D'Angelo P et al. Fibroma of the left ventricle in a patient with Sotos syndrome. *Echocardiography.* 2001;18:171–173.
25. Kambiz Rahbar, Harald Seifarth, Michael Schafers et al. Differentiation of Malignant and Benign Cardiac Tumors Using 18F-FDG PET/CT. *J Nucl Med.* 2012;53:856–863.
26. Grebenc ML, Rosado-de-Christenson ML, Green CE. Cardiac myxoma: imaging features in 83 patients. *RadioGraphics.* 2002;22:673–689.
27. David H. O'Donnell. Cardiac Tumors: Optimal Cardiac MR Sequences and Spectrum of Imaging Appearances. *American Journal of Roentgenology.* 2009;193:2,377–387.
28. Кардиология: национальное руководство / под ред. Е. В. Шляхто. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: ГЭОТАР-Медиа, 2015. — 800 с [Cardiology: national leadership. Ed. Shlyakhto EV. 2nd ed. M: Geotar-Media; 2015:800 pp. In Russian].
29. Restrepo CS, Largoza A, Lemos DF et al. CT and MR imaging of benign cardiac tumors. *Curr Probl Diagn Radiol.* 2005;34:12–21.
30. Pugliatti P, Patane S, De Gregorio C et al. Lipomatous hypertrophy of the internal septum. *Int J Cardiol.* 2008;130:294–295.
31. Yang HS, Arabia FA, Chaliki HP et al. Images in cardiovascular medicine: left atrial fibroma in Gardner syndrome — real time 3-dimensional transesophageal echo imaging. *Circulation.* 2008;118: e692-e694.
32. Luna A, Ribes R, Caro P. Evaluation of cardiac tumors with magnetic resonance imaging. *Eur Radiol.* 2005;15:1446–1455.
33. Alkadi H, Leschka S, Hurlimann D et al. Fibroelastoma of the aortic valve: evaluation with echocardiography and 64-slice CT. *Herz.* 2005;30:438.
34. Stiller B, Hetzer R, Meyer R et al. Primary cardiac tumors: when is surgery necessary? *Eur J Cardiothorac Surg.* 2001;20:1002–1006.
35. Brickman SL, van der Wouw P. Images in cardiovascular medicine: angiosarcoma of the pericardium — a fatal disease. *Circulation.* 2005;111: e388-e389.
36. Clarke NR, Mohiaddin RH, Weatby S. Multifocal cardiac leiomyosarcoma: diagnosis and surveillance by transesophageal echocardiography and contrast-enhanced cardiovascular magnetic resonance. *Postgrad Med J.* 2002;78:492–493.
37. Ryu SJ, Choi BW, Choe KO. CT and MR findings of primary cardiac lymphoma: report upon 2 cases and review. *Yonsei Med J.* 2001;42:451–456.
38. Chiles C, Woodard PK, Guitierrez FR et al. Metastatic involvement of the heart and pericardium: CT and MR imaging. *RadioGraphics.* 2001;21:439–449.
39. A Mallia, LL Travaini, G Trifiro et al. Detection of cardiac mass by [18F]FDG-PET/CT: a rare case. *Ecancer.* 2009;3:152.
40. Satoshi Okayama, Yoko Dote, Yukiji Takeda et al. Primary Cardiac Lymphoma: Echocardiography and F-18-Fluorodeoxyglucose Positron Emission Tomography in Selection of a Biopsy Site. *Echocardiography.* 2013 Jan;30(1): E13–15.
41. Shah K, Shemisa K. A “low and slow” approach to successful medical treatment of primary cardiac lymphoma. *Cardiovasc Diagn Ther.* 2014;4(3):270–273.
42. Thorsten R. C. Johnson, Cristoph R. Becker, Bernd J. Wintersperger et al. Detection of Cardiac Metastasis by PET/CT. *Circulation.* 2005;112: e61-e62.
43. Yarmohammadi H, Tacher V, Faulhaber PF et al. Imaging of dedifferentiated papillary thyroid carcinoma with left ventricular metastasis: A rare presentation of papillary thyroid metastatic disease. *J Can Res Ther.* 2013;9:490–492.
44. Puranik et al.: Asymptomatic myocardial metastasis from cancers of upper aero-digestive tract detected on FDG PET/CT: a series of 4 cases. *Cancer Imaging.* 2014;14:16.
45. Demetrios N. Exarhos, Ekaterini A. Tavernaraki, Irene Kyratzi et al. Imaging of Cardiac Tumors and Masses. *Hospital Chronicles.* 2010;5(1):1–9.
46. Clare F. Suttie, George Hruby, Lisa Horvath et al. Cardiac Metastasis in Merkel Cell Carcinoma. *J Clin Oncol.* 2014;32(13): e52–53.
47. AHA medical/scientific statement: 1994 revisions to classification of functional capacity and objective assessment of patients with diseases of the heart. *Circulation.* 1994;90:644–645.
48. Agostini D, Babatasi G, Galateau F. Detection of cardiac myxoma by F-18 FDG PET. *Clin Nucl Med.* 1999;24:159–160.
49. Koc K, Aras M, Inanir S. Coexistence of atrial myxoma and lung cancer on fluorodeoxyglucose positron emission tomography/computed tomography: The impact of distinct fluorodeoxyglucose uptake pattern on differential diagnosis. *Indian J Nucl Med.* 2014;29:284–285.
50. Okazaki et al. Significance of 18F-FDG PET and immunohistochemical GLUT-1 expression for cardiac myxoma. *Diagnostic Pathology.* 2014;9:117.

Информация об авторах:

Конради Юрий Вадимович — клинический ординатор ФГБУ «СЗФМИЦ им. В. А. Алмазова» Минздрава России по специальности «радиология»;

Рыжкова Дарья Викторовна — доктор медицинский наук, руководитель НИЛ ядерной кардиологии ФГБУ «СЗФМИЦ им. В. А. Алмазова» Минздрава России.

Author information:

Yuri V. Konradi, resident Federal Almazov North-West Medical Research Centre on a speciality “Radiology”;

Darya V. Ryzhkova, MD, Head of Research Laboratory of Nuclear Cardiology Federal Almazov North-West Medical Research Centre.